

Ventilationssystem och dess påverkning på äldre bostadshöghus inomhusklimat och energi

Hälso- och kostnadsförbättring

Viktor Tschernij

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Viktor Tschernij
Arbetets namn:	
Handledare (Arcada):	Kaj Karumaa
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>I mitt arbete om hälso- och energiförbättring genom ventilationsbyte i ett typiskt 1970-tals höghus går jag igenom ventilationssystemets delar samt systemets uppgifter att förbättra vårt inomhusklimat och avlägsna skadliga föroreningar från den luft vi andas ungefär 90% av vår tid. Jag använder mig av ett av de främsta byggnadssimuleringsprogramet, IDA ICE för att bevisa och klargöra att installationen av ett till-, och från luftsystem inte bara ökar på luftkvalitén och trivseln i hemmen utan också att uppvärmningskostnaderna kan minskas upp till en fjärdedel av det ursprungliga. Jag kommer också fram till att ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med värmeåtervinning kan klara sig helt utan zonvärmare. Allt detta har jag försökt skriva så allmänheten skall förstå och kunna dra nytta av detta, eftersom jag tycker det är viktigt att fastighetsägarna själva vet vad ventilationsförbättringen medför och så förstår sig på dess innebörd.</p>	
FNyckelord:	Inomhusklimat, Ventilation, Energi, Sanering, Byggnadssimulering
Sidantal:	60
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed energysystems
Identification number:	
Author:	Viktor Tschernij
Title:	
Supervisor (Arcada):	Kaj Karumaa
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>In my work about health- and energyimprovements with change of ventilation in a typical 1970s block of flats I write about the ventiationsystems different parts and their part of the job to improve our indoorklimate and carry out the pollutions from the air we breath about 90% of our lives. I also use a state of the art buildingsimulationprogram, IDA ICE, to prove and clarify that an installation of a central ventilationsystem not only improves the airquality and well-being in our homes but can also lower the heating cost to a quarter of the initial. I also discover that a well isolated 1970-block of flats with central ventilation and heat recovery can manage without zoneradiators. All this is tried to be written in a way that the general public can understand it, because I believe it is trivial the property owners themselves know what a ventilation improvement entails and understands the importance of it.</p>	
Keywords:	Indoorklimate, Ventilation, Energy, Renovation, Building simulation
Number of pages:	60
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energiajärjestelmät
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Viktor Tschernij
Työn nimi:	
Työn ohjaaja (Arcada):	Kaj Karumaa
Toimeksiantaja:	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Työssäni terveys- ja energiaparannuksista ilmanvaihtoa parantamalla 1970-luvun tyyppikerrostalossa käyn läpi ilmastoinnin eri osat ja niiden osatehtävät parantaa sisäilmastamme ja kantaa ulos epäpuhtaudet ilmasta jota me hengitämme noin 90% elämästämme. Käytän myös parhaimpiin kuuluvaa rakennussimulaatioohjelmaa, IDA ICE, todistaakseni ja selventääkseni että koneellisen tulo-, ja poistoilmastoinnin asentaminen ei pelkästään paranna viihtyvyyttä ja ilmastoa kodissamme, vaan myös sen että lämmityskustannukset voidaan alentaa jopa neljäsosaan nykyisestä. Tulen myös siihen tulokseen että lisäeristetty 1970-luvun kerrostalo lämmöntalteenotolla voi selvitä ilman huonekohtaista lämmitystä. Kaiken tämän olen yrittänyt kirjoittaa niin että tavallinen ihminen sen ymmärtää koska mielestäni on erittäin tärkeää että kiinteistöjen omistajat itse tietävät mitä parannettu ilmanvaihto tuo tullessaan ja ymmärtävät sen tärkeyden.</p>	
Avainsanat:	Sisäilmasto, Ilmastointi, Energia, Saneeraus, Rakennussimulaatio
Sivumäärä:	60
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

INNEHÅLL

1	Förord.....	9
2	Inledning.....	9
3	Ansvar	13
4	Innemiljö och hälsa.....	14
4.1	Hälsoeffekter pga innemiljö	15
4.2	Vad orsakar dålig innemiljö och vilka åtgärder finns det?	16
4.3	Luftkvalitet	17
4.4	Ljud	19
4.5	Termiskt klimat	20
5	Lufttäthet	21
5.1	Energi.....	22
5.2	Ventilationsfunktion.....	22
6	Ventilation	22
6.1	Luftförling	23
6.2	Variabelt luftflöde	24
7	Luftbehandling.....	26
7.1	Distributions system	26
7.2	Filtering	27
7.3	Uppvärmning av tilluft	28
7.4	Kylning av tilluft.....	29
7.5	Energiåtervinning.....	30
7.6	Fläktar	31
8	Luftspridning.....	32
8.1	Don	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
8.2	Placering av don	32
8.3	Dontyper.....	33
8.4	Bafflar.....	34
9	VVS sanering.....	35
9.1	Ventilation.....	35
9.2	Ventilationssystemets krav	36
9.3	Befintliga byggnaders ventilationssystem	36
9.4	Bostadshöghusens ventilation.....	37

9.5	Konditionsgranskning.....	38
9.6	Byte av ventilationssystem	39
10	Simulering av byggnaden.....	40
10.1	Programet.....	41
10.2	Exempelbyggnaden	41
10.2.1	<i>Konstruktion & ventilation.....</i>	<i>41</i>
11	Resultat.....	43
11.1	typiskt 1970-tals bostadshöghus med självdragsventilation	44
11.1.1	<i>Energi i kwh.....</i>	<i>44</i>
11.1.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>45</i>
11.2	Isolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med självdragsventilation	46
11.2.1	<i>Energiåtgång</i>	<i>46</i>
11.2.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>47</i>
11.3	typiskt 1970-tals bostadshöghus med frånluftsventilation.....	48
11.3.1	<i>Energi.....</i>	<i>48</i>
11.3.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>49</i>
11.4	Isolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med frånluftsventilation	50
11.4.1	<i>Energi i kwh</i>	<i>50</i>
11.4.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>51</i>
11.5	typiskt 1970-tals bostadshöghus med till-, och frånluftsventilation och VVX	51
11.5.1	<i>Energi i kwh</i>	<i>52</i>
11.5.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>54</i>
11.6	Isolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med till-, och frånluftsventilation och VVX..	55
11.6.1	<i>Energi i kwh.....</i>	<i>55</i>
11.6.2	<i>Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4</i>	<i>57</i>
12	Diskussion	58
12.1	Innemiljö.....	58
12.2	Energi.....	59
13	Källor.....	61

Figurer

Figur 1 Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.4**

Figur 2 Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.5**

Figur 3. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.5**

Figur 4. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.6**

Figur 5. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.7**

Figur 6. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation ..**Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.7**

Figur 7. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.8**

Figur 8. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation.

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.8**

9. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation

..... **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.9**

Figur 10. Energibehovet av fläktarna i ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.9**

Figur 11. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation.

..... 50

Figur 12. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation..

..... 50

Figur 13. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

..... 51

Figur 14. Energibehovet av fläktarna I ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

..... 51

Figur 15. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation.

..... 53

Figur 16. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

..... 53

Figur 17. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

53

Figur 18. Värmeåtervinningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning

..... **5Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

Figur 19. Energibehovet av fläktarna I ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning

..... **5Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

20. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation

..... 56

Figur 21. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.

..... 56

Figur 22. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

.....	56
Figur 23 <i>Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation</i>	
.....	57
Figur 24. <i>Energibehovet av fläktarna I ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.</i>	
.....	57
Figur 25. <i>Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.....</i>	58
 Figur 26. <i>Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation</i>	58
 Figur 27. <i>Uppvärmningsbehoven i samma graf. Från vänster till höger: Självdrag med original isolering, Självdrag med om isolering, Frånluft med original isolering, Frånluft med om isolering, Till-, frånluft med originalisolering, Till-, frånluft med om isolering</i>	59

Tabeller

Tabell 1 <i>Energidata av uppvärmningssystemen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning</i>	
.....	52
 Table 2 <i>Energidata av uppvärmningssystemen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning</i>	
.....	55

1 FÖRORD

Jag fick idén att skriva detta arbete efter att ha diskuterat ventilationsfrågor med både bostadsägare och proffs inom husteknik. Bilden om ventilationens betydelse för både vår hälsa och vårt inneklimat är dålig. Vi trivs alla i fräsch luft med behaglig temperatur men när det kommer till investeringar i bostäder går ändå den fina entrén eller nymålade sovrumsväggen ofta före en modernt fungerande ventilation. Ventilationen inte enbart renar den 15kg luft vi dagligen andas in och därmed inverkar på vår hälsa, den också sparar på en massa energi vilket känns i våra egna plånböcker samt sparar på vår miljö. Det är viktigt att denna attityd skulle ändras snarast möjligt eftersom de linjesaneringar som 1960-70tals bostadshöghusen som bäst går igenom är en ypperlig möjlighet att förbättra ventilationen. Då den mest ökande sjukdomen för barn i Norden dessutom är astma, vilket försämras i dålig inomhusluft, är det hög tid att nu ändra på inställningarna och förbättra på våra bostadshus. Jag ser det också som ett ansvar för fackmän att öppna ögonen för denna möjlighet och klargöra alternativet för investerare och informera om de hälso-, trivselfördelar samt driftkostnadslättnader detta skulle föra med sig.

2 INLEDNING

Det finns flera bevis på att växthuseffekten håller på att förändra vårt klimat. Detta märks bland annat genom att glaciärer smälter, vilket orsakar översvämningar i städer nära kuster, genom att golfströmmen försvagas, den som värmer upp vårt klimat här i Norden, genom att stormar förstör hela städer och att öknar sprider sig till ställen som förut varit fulla med växtlighet. Alla vet vi om att detta håller på att ske och många har vidtagit stora åtgärder för att sakta ner eller i bästa fall omvända klimatförändringarna på vår planet. (Nilsson 2008 s.118-119)

Den största orsaken till den ökade växthuseffekten är koldioxiden vi släpper ut i miljön genom vårt ohållbara slösande på energi. Koldioxid bildas i all oljeförbränning samt vid det mesta av eltillverkningen och det är här vi måste förbättra på våra vanor. Genom att byta ut oljeanvändning till renare energiformer och förminska energianvändningen överlag gör vi de största framstegen till en hälsosammare planet. (Nilsson 2008 s.118-119)

Finlands energianvändning är ganska typisk för de nordiska länderna. Ungefär 16% av Finlands energi går till trafiken, ungefär 46% till industrin och ungefär 13% till annat som belysning och apparater. Resten, alltså hela 25% går till byggnaders uppvärmning. Av denna energi kan den största delen återvinnas.

(http://www.motiva.fi/taustatieto/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto)

Finlands 1960-70 tals bostadshöghus saneringsbehov ökar ständigt. Saneringen berör mest fasaden och vatten, avlopp och el linjer i byggnaderna och alla dessa kräver stora investeringar och mycket tid. I en fasadsanering byts byggnadens ytterskal. Byggnaden blir omisolerad enligt dagens krav och fönster och dörrar byts ut till nya. Detta betyder att byggnadens värmeisoleringsförmåga blir bättre samtidigt som utseendet förnyas. Sanering av vattenlinjer i byggnaden kallas linjesanering och berör rören i huset. Eftersom dessa rör oftast är inbyggda i konstruktionen måste både golv och väggar i byggnaden rivas upp för att komma åt dem och under denna tid är lägenheterna ofta odugliga för boende. (RIL 252-1-2009 s.3)

När byggnaden genomgår en linjesanering kan tillika byggnadens energiprestanda förbättras till exempel genom ventilationsförbättring. Enskilt skulle en förbättring av ventilationen betyda stora investeringskostnader. Genom att förbättra på ventilationssystemet minskar husets koldioxidutsläpp, förbättras inomhusmiljön, där människorna vistas största delen av sina liv, och driftkostnaderna minskar för uppvärmningen av huset. Samtidigt mår byggnaden bättre och sjukdomsfall som sjukahus syndromen eller astma, vilken är den störst växande sjukdomen för barn i Finland, minskar. (Nilsson 2008 s.129-132, Bakke 2008 s.21-22)

Genom installation av maskinell till- och frånluft till ett bostadshöghus åstadkoms stora förbättringar i klimat och energianvändning och genom rätt planering känns systemet som en del av byggnaden. Systemet kan installeras med värmeåtervinning för att minska på energianvändningen och olika standards filter för att förbättra på inneklimatet. Med en välplanerad maskinell till och frånluft i ett välisolerat hus behövs dessutom inga värmeelement, vilket ökar på rumsvolymen och minskar på vattenrören mellan lägenheterna. Dessutom kan tillräckligt luftombyte och tryckskillnad säkerställas vilket är

viktigt för att byggnaden skall må bra. (Nilsson 2008 s.390-395, Harju&Matilainen 2007 s.69)

Eftersom det ofta är bostadsägarna, som sällan förstår sig på ventilationsanläggningar, i ett höghus som bestämmer hurdana investeringar skall göras till sin byggnad vill jag genom att skriva det här examensarbetet på ett tydligt och lättförståeligt sätt få allmänheten att förstå betydelsen av ett modernt ventilationssystem och vilka hälso-, och kostnadsförbättringar det kan medföra. Ifall mitt examensarbete får ens *ett* husbolagsmöte att ta upp idén att investera i ventilationssystemet tycker jag att jag har lyckats med mitt arbete.

3 ANSVAR

För att åstadkomma en bra, trivsamt, hälsosamt, ekonomisk, och energieffektivt fungerande byggnad krävs att alla inblandade aktörer samarbetar. Redan i tidigt skede skall en noggrann livscykelanalys göras där alla aspekter tas i beaktande. Byggnadens alla installationer skall optimeras till byggnadens användning och driftkostnaderna, som utgör den överlägset största kostnaden, skall minimeras. Så fungerar det tyvärr inte. Oftast är det en byggherre som ansvarar för byggandet och någon helt annan som svarar för driften. Eftersom det handlar om två helt skilda budgeter kan byggherren som sparat på pengar få beröm för ett bra arbete medan kostnaderna för drift är mångfaldiga summor flera år framöver. En billig investering medför dessutom ofta att byggnadens inomhusklimat är sämre samt att energieffektiviteten och värdet minskar rejält. Tyvärr är det ännu vanligt att stater, kommuner och större företag inte har metoder att sammanställa det som påverkar byggnaders livscykelkostnader, Därför borde dessa uträkningar beställas utifrån.(Nilsson 2008 s.78)

De olika aktörerna i en byggprocess har naturligtvis egen lönsamhet som prioritering, vilket ofta leder till att planeringar görs utan hänsyn till andra. I en perfekt värld skulle de olika aktörerna samarbeta för att få en så fungerande byggnad som möjligt och hänsyn skulle tas till både byggandet och driften. Där lever vi dock inte och här styrs byggandet med lagar och normer, som inte alltid är omtyckta, men är grundade för att styra oss mot rätt håll. Till exempel lagar om byggnaders energieffektivitet. Detta medför stora investeringar för ägarna men har man följt med nyheter och artiklar skall man nog förstå varför lagen behövs. Inom EU utgör byggnader för ca.40% av slutanvändningen av energi (jämfört med 16% till all trafik) varav över hälften går till uppvärmning av bostadshus. Största delen av denna energi kan minskas genom att ta hänsyn till energieffektivitet i samband med andra saneringsarbeten. (Nilsson 2008 s.78-79, Soininen 2009 s.12)

Det borde idag vara klart för alla att energianvändningen måste minskas. Den billiga energi vår tidigare generation tog förgivet håller på att minska och deras oansvarfulla användning av den har lett till stora förändringar på vår planets klimatsystem. Vi kan inte längre tänka enbart på investeringens prislapp utan måste se längre in i byggnadens

livscykel. Tyvärr läggs ännu ofta mer pengar på en snygg entré än på en energieffektiv, fungerande ventilation. Detta har man försökt förbättra genom lagen om energiprestanda vilken medför att alla byggnader som byggs, renoveras eller överlåts skall ha ett energi intyg. Genom detta intyg vill man att människors tankar riktas mer mot byggnadens inre funktion än på det ytliga utseendet. Detta har man redan märkt t.ex. i Frankrike. (Nilsson 2008 s.80-81)

I dagens läge ser inte människor ventilationen som särskilt viktig. Detta är beklagligt eftersom en god ventilation bidrar till ökad hälsa, välbefinnande och produktivitet. Ett fungerande till/frånluftssystem med värmeåtervinning förbättrar dessutom byggnadens välmående och ger nya möjligheter till energiåtervinning. (Nilsson 2008 s.80-81)

4 INNEMILJÖ OCH HÄLSA

Under 1990-talet ökade människans medellivslängd i industriländerna från 45 till 75 år. Längre trodde man att detta var ett resultat av den medicinska framgången men senare har det ändå visat sig att den medicinska behandlingen endast svarade för 3,7 år och kliniskt förebyggande åtgärder för ca.1,5 år. De återstående 25 åren var på grund av andra förebyggande åtgärder som socialpolitik, människans egna beslut om egenvård som kost och träning samt hälsosamma bostadsmiljöer. (Bakke 2008 s.14-20)

Alla förstår vi att det vi sätter i oss i form av fast föda och vätska har en stor betydelse för vår hälsa. En medelålders man dricker i genomsnitt 1,5kg vätska och äter 0,75kg fast föda per dag. Samma man andas in 15kg luft vilket utgör omkring 87% av det dagliga intaget av biologisk massa. För att hållas friska är det alltså extremt viktigt att klimatet i våra hem, skolor och arbetsplatser, där vi tillbringar ca.90% av våra liv, är utan extra föroreningar. (Bakke 2008 s.14, 21)

4.1 Hälsoeffekter pga innemiljö

På senare år har det samlats in data om sjukdomar och symptom med samband till dålig inomhusmiljö. Av dessa är luftvägsinfektioner, irriterade slemhinnor, luftvägar och hud, allergier samt andra symptom på överkänslighet som huvudvärk, trötthet, minskad prestationsförmåga mycket vanliga. (Bakke 2008 s.28, Harju&Matilainen 2007 s.63)

Rinit är en inflammation i näsans slemhinna som orsakas av inandning av allergener. Dessa kan vara i form av pollen, (hösnuva) damm eller djurpäls. Symptomen är ofta nästäppa, rinnande näsa eller nysningar.

Konjunktivit är utvidgning av blodkärlen i den hinna som täcker ögat och orsakar klåda samt röda ögon. Konjunktivit orsakas oftast av allergiska reaktioner av föroreningar i luften.

Luftvägsinfektioners samband med fukt i byggnaden var välkänt redan under 1800-talet. Ökad tendens till luftvägsinfektioner går ofta hand i hand med dåligt inomhusklimat och alstring av förbränningsgaser.

Cancer kan orsakas på många olika sätt. I samband med inomhusklimat förknippas cancer ofta med fritt svävande carcinogener som asbest och bensen samt alstring av tobaksrök och sönderfall av radon. Risken för att insjukna i cancer anses vara en följd av tid och exponering. Det effektivaste sättet att förebygga cancer orsakad av inneklimatet är att minska intensiteten av radon genom att effektivt ventilerade utrymmen vi oftast befinner oss i.

Sjuka-hus-syndromen, (SBS, Sick Building Syndrome) vilket är ett sammansatt namn på symptom orsakade av dåligt inomhusklimat, är den enda sjukdomsgrupp som ökar bland barn i västvärlden för vilka *astma* är den vanligaste kroniska sjukdomen. Astma är också den vanligaste orsaken till sjukhusvård för barn i industriländer (upp till 25% i vissa länder). (Bakke 2008 s.24-28)

I jämförelse med personer födda mellan år 1946-1950 har personer födda mellan år 1966-1971 en 240% större sannolikhet att drabbas i astma. Dålig inomhusmiljö förstärker astmatikers och överkänsliga personers symptom. För att upprätthålla deras arbetsförmåga bör inomhusklimatet vara hållas på en god miljö. (Bakke 2008 s.21-22)

4.2 Vad orsakar dålig innemiljö och vilka åtgärder finns det?

De huvudsakliga åtgärderna för att behålla en god innemiljö är att undvika byggnadsfukt, behålla god ventilation, hindra ämnen från förbränning, matlagning och uppvärmning från att nå inneluften. Allt detta kan uppnås med en god fungerande ventilation i samband med kunskap om hur den skall hanteras. Inte ens det bästa ventilationssystemet är pålitligt utan rätt kunskap. (Bakke 2008 s.28)

Byggnadsfukt är en riskfaktor för både känsliga och okänsliga personer. Fukt ökar risken för bland annat astma, hosta, trötthet, huvudvärk, och luftvägsinfektioner. Fukten i byggnaden orsakar dessutom nedbrytning av byggnadsmaterial vilket fungerar som näringsämne åt bakterier, husdamm-kvalster och andra insekter som sedan förorsakar allergener i inneluften. (Bakke 2008 s.28-31)

Det har gjorts omfattande undersökningar på ventilationens inverkan på trivsel produktivitet och hälsa i kontor, skolor och hem. En utförd av en multidisciplinär forskargrupp [Wargocki et al., 2002]. Undersökningarna kom fram till ett starkt samband mellan en ventilation på 25 l/s per person och trivsel och hälsa i form av sjuka-hus-syndrom. Forskningen gav också klara tecken på att en god ventilation ökar produktiviteten på bland annat kontorsarbeten. I icke industriell miljö minskar mängden damm kvalster med en luftomsättning på minst 0,5/h och i ett test på 7 klassrum i Sverige minskade antalet rapporter om astmasymtom med 25% då mekanisk ventilation tillagdes med ovannämnda luftomsättning. (Bakke 2008 s.31-32)

4.3 Luftkvalitet

Ren atmosfärisk luft består av kväve (78 %), Syre (21 %), argon (0,9 %) och koldioxid (0,04 %). Luften vi andas innehåller dessutom alltid föroreningar från trafik, industriella utsläpp, brand och vulkanutbrotts föroreningar, gaser och partiklar från människor och djur och föroreningar från inomhusprocesser mm. Av dessa föroreningar är några kända att vara skadliga för hälsan medan tillräcklig forskning inte ännu är gjord på de andra ämnens hälsoeffekter. (Ekberg 2008 s.274, Harju&Matilainen 2007 s.63-66)

Några få föroreningar är tillräckligt kända för att ha kunna göra upp myndighetskrav eller riktvärden för maximalt tillåtna innehåll i inneluften. Till dessa hör radon, kolmonoxid, formaldehyd, kväveoxid och ozon. För de flesta föroreningar saknas ännu kunskap och har därför inga riktlinjer. För att nå de krav som myndigheterna har lagat för att uppnå god luftkvalitet används ofta koldioxid som en indikator på luftföroreningar eftersom den är billig och lätt att mäta och är koldioxidhalten hög är ofta också halten av de skadliga föroreningarna hög. Ett vanligt riktvärde på koldioxidhalten är 1000ppm och för att nå detta behövs ofta ett luftflöde på ca 10 l/s per person. (Ekberg 2008 s.274-277, Harju&Matilainen 2007 s.63, D2 2011 2.3)

Radon finns på bergrika naturområden och kommer in nertill i otäta byggnader i gasform. Då radon sönderfaller bildas det radondöttrar som fastnar i luftvägarna och kan orsaka lungcancer. Myndighetskravet för högsta tillåtna radonhalt ligger runt 200Bq/m³ (200 radioaktiva kärnor sönderfaller per sekund) och detta kan mätas med radonmätinstrument. (Ekberg 2008 s.277, Harju&Matilainen 2007 s.79, D2 2011 2.3)

Kolmonoxid bildas vid ofullständig förbränning vid exempelvis bensen och dieseldrivna fordon (avgaser) vilka också är de kraftigaste källorna för kolmonoxid i inneluften. Koncentrationen kolmonoxid i uteluften är vanligtvis lägre än riktvärden men kan under perioder med intensiv trafik nå upp till någon ppm. Koncentrationen inomhus varierar stort beroende på närheten till vägar och andra förbränningskällor. Högsta tillåtna koncentrationen i inomhusluft är 2 mg/m³ (Ekberg 2008 s.277-278, D2 2011 2.3)

Ozon bildas genom en reaktion av solljus och fordonsgaser men också av vissa laser-skrivare eller luftrenare. Ozonen kan såvida tillföras inomhusluften både internt eller från uteluften. Ozon har en benägenhet att reagera kemiskt med andra ämnen och irriterar därför våra slemhinnor. Dessutom bildas nya ämnen som till exempel kvävedioxid då ozon reagerar kemiskt. Högsta tillåtna halten ozon i inomhusluften är 50ug/m³ (Ekberg 2008 s.278)

Kvävedioxid bildas genom en kemisk reaktion mellan ozon och det annars harmlösa ämnet kvävemonoxid. Förekomsten av kvävedioxid påverkar våra slemhinnor och förvärrar problemen hos astmatiker och pollenallergiker. Kvävedioxidhalten i byggnader är ofta högre än gällande riktlinjer vilka godkänner en halt på 40ug/m³ (Ekberg 2008 s.278)

Flyktiga organiska ämnen är kemiska substanser som har en negativ inverkan på vår hälsa. Dessutom är de ofta illaluktande eller har en negativ inverkan på byggnadsmaterial. Ämnen som bensen, toluen och xylen är trafikrelaterade substanser och toluen är dessutom ett ämne som kommer till inomhusluften via byggmaterial. Ännu har inga riktvärden på flyktiga organiska ämnen i inomhusluften gjorts, men forskning har lett till att byggnadsmaterialstillverkarna har förbättrat på sina produkters förmåga att inte utlösa dessa ämnen. (Ekberg 2008 s.278)

Luftburna partiklar kallas de partiklar som förekommer i luften som till exempel pollen, hudflagor, textilfibrer mm. Dessutom orsakar trafiken en stor del partiklar varför luften i stadsmiljö är märkbart sämre än på landsbygden och borde därför filtreras enligt detta. Ju mindre de luftburna partiklarna är desto längre in i luftvägarna tränger de och orsakar därmed större skada. Många forskares intresse har på senaste tiden riktats mot allt mindre partiklars inverkan på hälsa och forskning har visat att de minsta nano partiklarna kan tränga igenom luftvägarna och orsaka skada också i andra organ. Högsta tillåtna halten luftburna partiklar i inomhusluften är 40ug/m³ för <10um partiklar och 15ug/m³ för <2,5um partiklar. (Ekberg 2008 s.279-280, D2 2011 2.3)

Koldioxid alstras genom vår ämnesomsättning och avges från kroppen med utandningsluften. Koldioxiden i ventilerade rum innebär inga hälsorisker men den fungerar som en

bra indikator till andra ämnens koncentration. En stillasittande man avger 20 liter, en måttligt ansträngande man 50 liter och en fysiskt högt ansträngande man upp till 170 liter per timme. (Ekberg 2008 s.280-281)

4.4 Ljud

Tystnad börjar vara en bristfällig vara i dagens läge. I stadsmiljö är det nästan omöjligt att hitta ett fullständigt tyst utrymme. Utomhus hörs trafik ljud flera kilometer från närmaste väg, och inomhus finns det så gott som alltid någon maskin som för oljud. Är det inte kylskåpet eller datorn kan det vara ventilationssystemet eller grannarna. Allt detta fastän byggnader ofta planeras så tysta som möjligt. VVS utrustningen i hus spelar en stor roll då det gäller störande buller. Dåligt isolerade kanaler eller rör för med sig oljud från strömmande medium och dåligt placerade fläktar hörs vid vartenda installerade luftdon. Dessutom leder fel planerade kanaler ljud från rum till rum eller från lägenhet till lägenhet. (Andersson 2008 s.482-483, Harju&Matilainen 2007 s.16-17, 66, D2 2011 2.4)

VVS-utrustning som fläktar, kompressorer och pumpar är ledande ljudkällor i våra byggnader. Deras ljud transporteras luftburet till olika rum genom bjälklag, väggar, dåliga isoleringar i rummen samt genom kanalsystemen. Dessutom förorsakar rörliga maskiner också vibrationsbuller. Om dessa är direkt installerade på t.ex hårt golv, kommer golvet vibrera i samma takt som maskinen och leda oljud till hela byggnaden. Därför är det extremt viktigt att välja en bullertestad utrustning och se till att installationen sköts rätt. (Andersson 2008 s.483-484, Harju&Matilainen 2007 s.16-17, D2 2011 2.4)

Ljudstörningar kan lätt förebyggas i planeringsskedet av en byggnad. Fläktar med låg egenljudsallstring skall alltid prioriteras över mer ljudliga fläktar. Dessutom ska fläktarna väljas så att de är optimerade att arbeta i byggnadens förhållanden. En fläkt som går på övervarv arbetar ofta med låg verkningsgrad och för samtidigt mer oljud. Kanalsystem med don, kanaler och andra komponenter skall också utformas med så lågt tryckfall som möjligt. Själva tryckfallet i systemet för oljud samtidigt som det tvingar fläkten

arbeta hårdare, vilket också för mer ljud. (Andersson 2008 s.484-489, Harju&Matilainen 2007 s.16-17, D2 2011 2.4)

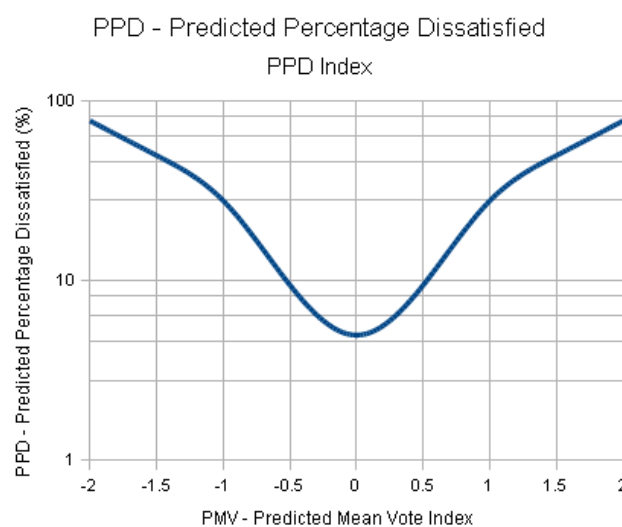
Ventilationssystemets konstruktion kan antingen öka eller minska strömnings genererat buller. Eftersom bullret av utrustningen är starkt påverkad av lufthastigheten i kanalen, bör denna hållas låg. Onödiga strypspjäll samt tvära böjar och övergångar skall undvikas eftersom dessa medför onödigt tryckfall. Även slutändan av systemen har stor inverkan på ljudstörningar. Ljudet från flera don i samma rum adderas och kommer, även i tysta system, snabbt öka till en störande nivå. Systemen kan installeras med ljuddämpare för att få bort de återstående bullren. (Andersson 2008 s. 491-492)

4.5 Termiskt klimat

Ett bra termiskt inomhusklimat, som alla skall vara nöjda med, är omöjligt att åstadkomma. Detta beror till stor del på att vi människor upplever, beter oss och klär oss olika. Då vi planerar byggnaders uppvärmning och kylning handlar det alltså om att skapa ett sådant termiskt klimat som de flesta, gärna 90 %, är nöjda med. Klädsel, aktivitetsnivå, lufttemperatur, ytors temperatur, lufthastighet och luftfuktighet är alla faktorer som spelar en roll då vi pratar om termiskt komfort. Av dessa är klädseln, aktivitetsnivån och lufttemperaturen de största faktorerna medan kalla ytor och höga lufthastigheter kan ge lokala obehag. (Ekberg 2008 s.184-185, Harju&Matilainen 2007 s.13-15)

PMV-index (Predicted Mean Vote) är ett mått på en större grupp trivsel i ett termiskt klimat. Skalan går från +3 till -3 och värdet 0 innebär att de flesta är nöjda med

bara ett fåtal personer som tycker det är för varmt eller för kallt. Ofta är värdet +0,5 till -0,5 ett mått som innebär att ungefär 90 % av de som vistas i miljön är nöjda. PPD-index



Figur 1. PPD index.

är helt enkelt ett mått på hur många procent som är missnöjda med det termiska inneklimatet (Ekberg 2008 s.186-187)

En byggnad skall dimensioneras så att inga rum blir för kalla under vinterns kallaste dagar eller för varma under sommarens varmaste dagar. Under uppvärmningstiden skall ett hus kunna hålla $21^{\circ}\text{C} \pm 1$ i vistelsezonerna vilket inte brukar medföra större problem eftersom det ofta räcker med rätt dimensionering av värmesystemet. Under sommarens varma tider skall temperaturen hållas vid 25°C (Detta värde får överstiga med 5°C ifall utetemperaturens 5 timmars medelvärde överstiger 20°C). (D3 s.6, Harju&Matilainen 2007 s.19)

Eftersom uteluften i norr oftast är kallare än inneluften behöver byggnaderna här i Norden alltid uppvärmas. För att räkna en byggnads uppvärmningsbehov behövs bland annat de olika konstruktionernas värmegenomträngningsförmåga. Dessutom behöver man känna till luftläckagenivån, olika värmebelastningar i rummen, luftombyten, byggnadens volym, sol och vind förhållanden m.m. Värmespridning i form av ledning, konvektion och strålning måste också tas i beaktande. För att få exakta värden används i dagens läge simuleringsprogram som noggrant räknar ut värmebehovet skilt för varje rum. (Seppänen 2010 s.58-87)

Eftersom ökad isolering i husen eftersträvas tillika som elapparater inomhus ökar, behöver byggnader ofta kylas för att hålla en trivsamt inomhusmiljö. För att räkna kylbehovet, vilket egentligen är en bortföring av värme, för en byggnad måste man känna till de olika värmebelastningarna för byggnaden. De primära värmekällorna är solen, elapparaterna och människorna av vilka solen ofta är störst. För att få exakta värden används i dagens läge simuleringsprogram som noggrant räknar ut också kylbehovet skilt för varje rum (Seppänen 2010 s.182)

5 LUFTTÄTHET

En lufttät byggnad är grunden till att ventilationen skall fungera som planerat. En lufttät byggnad säkerställer energiprestandan men också att de olika rummen har ett passligt

luftutbyte. Dessutom slipper uteluftens föroreningar som pollen och avgaser in med den ofiltrerade luften som kommer in genom byggnadens otätheter som sedan orsakar bl.a. Astma och andra sjuka-hus-syndromen hos byggnadens användare. Otätheter i byggnaden kan dessutom orsaka fuktskador om byggnadens tryckförhållande är sådana att det råder övertryck i huset och luften slipper och tränga sig inifrån ut. (Elmroth 2008 s.216-220)

5.1 Energi

Okontrollerad luftläckage medför alltid större energikostnader. Den luft som läcker in via otätheter måste uppvärmas till rumstemperatur och eftersom denna luftmängd är beroende av vädret är den svår att räkna med. I byggnader med till- och frånlufts ventilation är värmeförlusterna i stort sett linjära med luftläckagen genom otätheter varför dessa byggnader måste lufttätas med största omsorg. Om byggnaden dessutom har värmeväxlare kommer denna inte att användas fullt ut eftersom den inläckande luften inte värms upp av frånluften som den ska och värmeväxlarens verkningsgrad försämras. (Elmroth 2008 s.218-219)

5.2 Ventilationsfunktion

I en fullständigt tät byggnad sker all luftutbyte genom ventilationssystemet och alla rum har rätt luftkvalité. I ett otätt hus kommer byggnadens luftutbyte ske genom både ventilationssystemet och luftläckagen vilket medför att olika rum kommer ha varierande luftutbyte. I värsta fall medför detta att olika rum med samma ventilationskrav på blåsiga dagar kan ha för stort luftutbyte medan det andra har för litet. I till- och frånlufts ventilerade byggnader skall frånluftsflödet vara aningen större för att få huset i undertryck och på så sätt förhindra fuktproblem. Otätheter i byggnaden kan försvåra denna inställning vilket kan leda till bl.a. fuktproblem eller drag med för stora luftflöden. (Elmroth 2008 s.220-221)

6 VENTILATION

6.1 Luftförling

Luftutbyte betyder att ineluften ersätts med uteluft som sedan sprids in i rummet. Denna spridning kan ske på olika sätt beroende på krav av inomhusmiljön och bestäms av till- och frånluftsdonens placering och utformning men också av tilluftstemperaturen i förhållande till ineluftstemperaturen och tilluftens impulshastighet. Med rätt placering av donen kommer hela rummet att ventileras jämt medan fel placering innebär en kortslutning av luftflödet vilket innebär att stagnationszoner förekommer. Detta betyder områden i rummet där inget eller nästan inget luftutbyte sker och därför är där sämre luftkvalité än resten av rummet. (Ekberg 2008 s.284-286, Harju&Matilainen 2007 s.67-69)

Vid *omblandande ventilation* sitter tilluftsdonet i taket och tillför ca 5°C undertempererad uteluft med hög hastighet till rummet. Detta resulterar i att luften kommer åt hela rummet och blandas in med rumsluften och värms upp. Eftersom omblandande ventilation handlar om höga lufthastigheter med kall luft måste denna planeras noggrant så inga dragupplevelser förekommer i vistelsezonen. (Ekberg 2008 s.286, Harju&Matilainen 2007 s.67-69)

Vid *deplacerande ventilation* sitter tilluftsdonet nära golvnivå och tillför något undertempererad luft med låg hastighet till rummet. Detta resulterar i att luften blir på marknivå tills den kommer i kontakt med värmen från människor eller maskiner där den sedan värms och börjar stiga mot taket där frånluftsdonen sitter. På detta vis säkras att den friska luften finns där människan arbetar. Eftersom undanträngande ventilation handlar om tilluft till vistelsezonen får luften inte vara så kall att den orsaka drag. (Ekberg 2008 s.286-287, Harju&Matilainen 2007 s.67-69)

Vid *kolvströmning* fördelas sval tilluft jämt genom hela takytan med en ca 0.4m/s hastighet för att få luften att röra sig som en kolv ner över hela rummet för att sedan nå frånluftsdonen som sitter vid golvnivå och på så sätt hindras förorenad luft från att nå vistelsezonen. Detta resulterar i en extremt ren ineluft som endast är behövlig i vissa zoner som renrum eller operationssalar. Kolvströmning medför alltid problem med drag

och är även väldigt dyr och är därför inte aktuell vid komfortventilation. (Ekberg 2008 s.288, Harju&Matilainen 2007 s.67-69)

6.2 Variabelt luftflöde

För att få ett fungerande ventilationssystem finns det vissa krav som måste uppfyllas. Dessa är bl.a. att luftflödet måste kunna justeras så det tillfredsställer det aktuella behovet. Dessutom skall systemet inte föra störande ljud. Systemet skall också vara flexibelt så att om utrymmets verksamhet i framtiden ändras skall ventilationen kunna anpassas utan dess större åtgärder. Systemet skall också ha en låg energianvändning utan att det påverkar inneklimatet eller någon av ovanstående krav. (Svensson 2008 s.295-296)

Det är synnerligen viktigt att ventilationssystemet har en låg energiförbrukning. Detta eftersom byggnader i Finland använder ca.40% av landets energi och en stor del av denna energiförbrukning kommer från husets uppvärmnings och ventilationssystem. Men samtidigt som energiåtgången är ett problem ökar sjukdomar pga. dålig inneluft varför det aldrig får glömmas att ventilationssystemets huvudsakliga uppgift inte är att spara energi utan att ge förbrukaren en hälsosam och behaglig innemiljö. Ofta projekteras systemen enligt lägsta tillåtna tilluft på 5 l/s per person för att nå en låg energiförbrukning då ett flöde på 8 l/s per person rekommenderas för att minska problem pga. inomhusluften. (Svensson 2008 s.296-297)

DCV system (Demand controlled ventilation) betyder att ventilationssystemet är uppbyggt så att ventilationen varieras enligt behov utan att balansen i systemet äventyras. En av DCV systemets viktigaste egenskaper är att den endast tillför den luft till rummen som för tillfället behövs och på så sätt kan god innemiljö med en låg energianvändning åstadkommas. (Svensson 2008 s.294-295)

DCV system varierar sitt luftflöde enligt behov. Detta behov uppmäts ofta med givare som mäter halten av föroreningar i rummet och på så sätt förstår hur mycket tilluft som behövs. Exempel på olika givare är:

- **CO2 givare** är billiga och pålitliga och är fördelaktiga i utrymmen där människan är den största förorening.
- **Närvarogivare** bestämmer ventilationsbehovet utgående från när personer befinner sig i rummet.
- **Blandgasgivare** kan användas där människan inte är den huvudsakliga föroreningskällan.
- **Tidsstyrning** kan användas i lokaler som människans närvaro inte varierar. (Svensson 2008 s.303)

Eftersom DCV system använder sig av variabla flöden måste till- och frånluftdonen planeras med detta i beaktande. Om luftflödet blir för lågt till traditionella passiva tilluftsdonet orsakar detta ett dropp av den undertempererade luften och orsakar sedan drag i vistelsezonen. Om däremot luftflödet till traditionella passiva frånluftsdon blir för högt kommer detta orsaka störande ljud. Till DCV system skall alltså aktiva till och frånluftsdon planeras. Aktiva tilluftsdonen reglerar öppningen enligt trycket före donet och spridningsbilden hålls konstant medan aktiva frånluftsdonen mäter trycket i tilluftskanalen och reglerar öppningen enligt denna. På så sätt hålls systemet i balans och ett behövligt undertryck säkerställs i byggnaden. (Svensson 2008 s.299-302)

En simpel och billig uppbyggnad av ett DCV system har endast varvtalsstyrning vid fläkten, en tryckmätare i huvudkanalen med tryckoberoende variabelflödesenheter med passiva tilluftsdon. Användningen av denna uppbyggnad har varit begränsad på grund av ljudstörningar och problem med drag då passiva donen inte klarar av låga luftflöden. (Svensson 2008 s.304)

En mer fungerande variant av DCV system är uppbyggd lika som ovan men med tillagd tryckregulator vid varje grenkanal och aktiva don. Denna variant eliminerar problem med drag som uppstår p.g.a. låga luftflöden och tillåter även en balans att hållas då luftflödet ändras i andra delar av systemet. Denna typ av DCV system är lämplig för mindre byggnader. (Svensson 2008 s.305)

Ett energieffektivt system med låg ljudalstring fås då varvtalsstyrningen kopplas så den kommunicerar med både fläkten och grenkanalsspjällen. På så sätt får fläkten data av

varje gren och kan då arbeta med minsta möjliga effekt och sparar därmed energi och arbetar tystare. Denna typ av system är lämplig för större byggnader där energibesparing har stor betydelse. (Svensson 2008 s.306)

7 LUFTBEHANDLING

Innan luften når rummet skall den uppvärmas eller kylas. Oftast strävas att tilluftstemperaturen inte sjunker under 16C eftersom det då finns en stor risk för drag. Luften går också igenom ett filter för att få bort uteluftens föroreningar som avgaser och pollen. Man tar också tillvara på frånluftens värmeenergi för att minska på tilluftens uppvärmningsbehov och på detta sätt kan man minsta på byggnadens energi åtgång. För att allt detta skall vara möjligt krävs fläktar som lägger luften i rörelse samt kanaler som styr luften till önskade rum.

7.1 Distributions system

Ventilationens kanalsystem skall planeras med omsorg. Kanalsystemet fungerar inte bara som distributör av luften utan också som ljuddämpare och i vissa fall som en del av inredningen. Kanalsystemet skall dessutom vara tätt, ljud-, brand- och värmeisolerat samt planeras med så litet tryckfall som möjligt eftersom dessa ofta påverkar energianvändningen lika mycket som själva luftbehandlingsaggregatet. Utöver detta skall kanalerna uppfylla krav på hållfasthet, korrosions och vibrationstålighet. (Andersson 2008 s.340-348)

En av de första stegen i planerandet av ventilationen är att bestämma om byggnaden skall ha ett eller flera distributionssystem. I stora men låga byggnader kan det bli mycket kostsamt och svårt att planera så att all luft kommer från en enda punkt, varför systemet ofta i sådana fall indelas i olika brandceller. Ett annat skäl att planera flera system är brukarna, ifall någon del av byggnaden fungerar som kontor medan en annan del tar in hyresgäster är det onödigt att hela kontorssystemet är igång bara för att en hyresgäst kräver ventilation. Ifall olika användare har stora olikheter på komfort och kvalitetskrav

kan det bli lättare att planera skilda system. Dessutom blir driftkostnaderna tydligare att räkna ut ifall systemen är separata. (Andersson 2008 s.348-349)

Fläktar och luftbehandlingsaggregat skall alltid placeras så nära de utrymmen de kommer betjäna men ändå undvika att närhet av ljudkänsliga utrymmen. De skall också placeras nära uteluftsintag så onödiga kanaldragningar undviks. (Andersson 2008 s.350)

En symmetrisk utformning av kanalsystemet är oftast fördelaktigt då luft tillförs till flera rum och våningar. Symmetriska system minskar inte bara på tryckfallet men garanterar lika tryck till olika don, vilket underlättar injusteringen och avlägsnar i de flesta fall behovet av injusteringspjäll. (Andersson 2008 s.351)

7.2 Filtering

Ventilationens huvudsakliga uppgift är att tillföra ny, ren luft till byggnaden där människan vistas. Förr gjordes detta med hjälp av självdragsventilation som grundade sig på att tryckskillnaden i skorstenen fick luften att flöda ut medan fräsch luft sedan kom in genom springor i byggnaden. På modernare tid har fläktdriven från- och tilluft börjat användas vilket medför att luften kan filtreras med tilluftsfilter. Dessa filter klassas från grovfilterklass G1 till Finfilterklass F9. (Bertilsson 2008 s.370-373, FläktWoods 2010 s.69)

Det finns idag krav på filter till byggnader beroende på användningsändamål och plats. Bostadshus i tätorter skall ha ett filter av minst klass F7 medan bostadshus utanför tätorter skall ha ett filter på minst klass G4. Olikheten beror på att uteluften i tätorter har mycket mer föroreningar än på glesbygden. Speciella renrum och sjukhus kan ha strängare filterkrav för att nå tillräckligt rent inneklimat. (Bertilsson 2008 s.377-379, FläktWoods 2010 s.72)

Fastän filterförmågan inte skall offras för att spara energi är det ändå viktigt att se till att det filter som väljs har en låg tryckförlust. Tryckförlusten i filtret kan direkt kopplas till

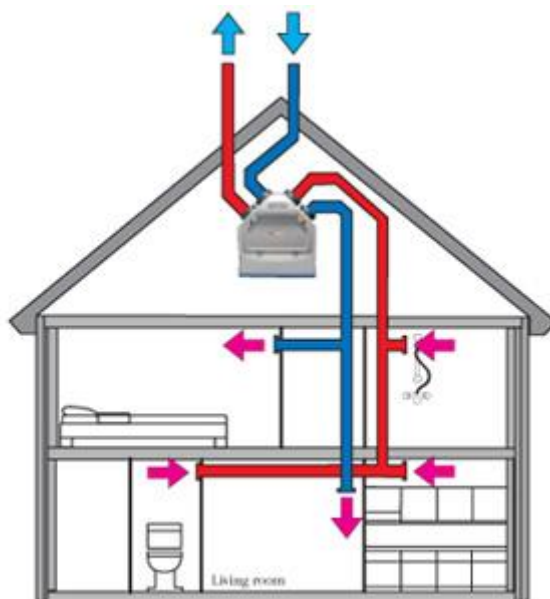
systemets energieffektivitet och därmed driftkostnader. Av samma orsak är det viktigt att byta filter med jämna mellanrum, då igentäppta filter har en ökad tryckförlust och dessutom en sämre filtreringsförmåga. (Bertilsson 2008 s.382-383, FläktWoods 2010 s.73)

7.3 Uppvärmning av tilluft

Tilluften som förs till byggnaden för att hålla ett rent inneklimat tas ur uteluften. Eftersom uteluften oftast är svalare än rumsluften måste den värmas i något skede av luftbehandlingssystemet för att inte kyla ner zonen. Då värmebehovet uträknas måste rummens värmekällor som maskiner och människor tas i beaktande men också värmeförluster som läckageluft. Då uppvärmningsbehovet är uträknat kan värmebatterierna dimensioneras enligt denna. (Jagemar 2008 s.406-407, FläktWoods 2010 s.107-109)

Ifall byggnaden befinner sig på ett område med dimensionerad utetemperatur på under -10°C, om tilluften behöver fuktas vintertid eller ifall luftbehandlingsaggregatet är i drift dygnet runt behövs en förvärmare. Förvärmaren ligger före den eventuella värmeåtervinnaren och dess uppgift är att värma upp uteluften till -10°C för att hindra värmeåtervinnaren från att frysa fast. (Jagemar 2008 s.410-413, FläktWoods 2010 s.107-109)

Största delen av uppvärmningsbehovet kan täckas med en värmeåtervinnare. Enligt I ett tätt hus täcker värmeåtervinnaren all uppvärmningsbehov då utemperaturen överstiger -5°C vilket motsvarar drygt 90% av uppvärmningstiden medan den rejält minskar uppvärmningsbehovet av uteluften under årets kallaste dagar. Värmeåtervinnaren fungerar genom att ta tillvara frånluftens värmeenergi och leda den till tilluften för att på så sätt minska eller helt ta bort behovet av zonvärmaren. (Jagemar 2008 s.409-412, FläktWoods 2010 s.107-109)



Då uteluften värmts upp av frånluftens värmeenergi i värmeväxlaren går den vidare till

Figur 2. En simplificerad bild av ett till- och frånlufts ventilationssystem.

luftvärmaren. Här sker resten av uppvärmningen för att nå den önskade temperaturenbörvärdet. Luftvärmaren befinner sig alltså efter värmeåtervinnaren. (Jagemar 2008 s.413, FläktWoods 2010 s.107-109)

Eftersom olika rum har olika värmebehov och olika värmebelastningar måste de ha skilda zonzvärmare för att hålla rätt temperatur. Luften i ventilationssystemet värms alltså upp till en viss temperatur som sedan måste värmas till önskat värde antingen före tilluftsdonet eller i själva zonen. Värmaren före donet kallas kanalvärmare och värmer luften innan den tillförs rummet medan värmaren i zonen är till exempel radiatorer och kallas zonzvärmare och hjälper andra värmekällor värma upp den svala luften som tillförs rummet. (Jagemar 2008 s.413-417, FläktWoods 2010 s.107-109)

De olika värmebatterierna är ofta vätska-luft värmeväxlare. Varmvatten flödar alltså här i kopparrörsslingor som överför energin till luften som därför värms upp. Denna värmeenergi kan man till exempel få ur fjärrvärme, egen panna, eller naturgasvärme. Om en billigare investering önskas kan också elvärmare installeras men detta medför en stor driftkostnad som sällan lönar sig på lång sikt. (Jagemar 2008 s.417-420, FläktWoods 2010 s.107-109)

7.4 Kylning av tilluft

Ifall värmelasterna blir så stora i ett utrymme att vanlig ventilation inte räcker till för att få bort överskottsvärmen måste tilluften kylas. Detta är normalt i till exempel kontorsbyggnader även i Finlands kalla klimat. Kylbatteriet ligger efter värmebatteriet och värmeväxlaren, den kylvär luften till den önskvärda temperaturen varefter luften förs in i vistelsezonen. Luften kyls oftast inte under 16 grader eftersom kondensering då sker i kanalsystemet. Detta vill man undvika för att inte orsaka fuktskador. Om kylbehovet ändå kräver högre kyleffekt måste luftmängden istället ökas. (Jagemar 2008 s.430-431, FläktWoods 2010 s.111-112)

Kylbatteriet kan även användas för att avfukta. Lufttemperaturen sänks till daggpunkten vilket medför att fukten börjar kondensera. Kondensvattnet förs sedan bort och luften värms upp till önskad temperatur varefter luften är torrare än före processen. (Jagemar 2008 s.452-453, FläktWoods 2010 s.111-112)

Om byggnaden befinner sig vid ett fjärrkyla nät används ofta denna som kylmedium till kylbatterierna. I andra fall produceras kylan på plats med hjälp av eldriven kompressorprocess eller värmedriven absorptions process. (Jagemar 2008 s.447-448, FläktWoods 2010 s.111-112)

7.5 Energiåtervinning

Ventilationssystemets huvudsakliga uppgift är att hålla en ren och hälsosam inneluft men utöver detta skall systemet ofta också tillfredsställa krav på inneluftens temperatur och fukthalt. För att klara av detta kan ventilationssystemet innehålla filter, värme och kylbatteri, samt fuktare. Alla dessa kräver energi. Enbart till byggnadens ventilationshelhet med uppvärmning kan det gå åt mer energi än till byggnadens andra verksamhet, varför det är av stor betydelse att spara på energiåtgången där det är möjligt. (Nilsson 2008 s.390, FläktWoods 2010 s.41-45)

Eftersom största delen av ventilationssystemets energi ofta går till uppvärmning av tilluften är det klokt att ha någon sort av värmeåtervinning. Värmeåtervinning kan antingen ske genom återluft, där tilluft blandas med frånluft före värmebatteriet för att spara på uppvärmningskostnaderna. Denna metod för dock med sig frånluftens föroreningar och fukt och har inte blivit alltför populär i Europa. En annan möjlighet är att använda sig av en värmeväxlare som kan vara med eller utan fuktöverföring. En roterande värmeväxlare består av en rotor, som har minimala intill varandra varande kanaler där frånluften flödar igenom och tillför sin värme till rotorn, som med sin roterande rörelse överför värmen till tilluften. På detta sätt hålls tilluften ren med förminskat uppvärmningsbehov. Värmeväxlaren kan även användas för att kyla ner tilluften på årets varm-

aste dagar, vilket ökar dess energibesparing. (Nilsson 2008 s.392-396, FläktWoods 2010 s.117-119, 41-45)

7.6 Fläktar

Fläkten är hjärtat i luftbehandlingssystemet och dess uppgift är att skapa ett luftflöde. Det är med hjälp av detta luftflöde hela systemet fungerar eftersom det behövs tryck för att luften skall passera alla slags tryckförluster som filter, värmebatteri och värmeväxlare för att sedan flöda in i rumet med en viss hastighet. Fläkten utgör också systemets största eleffektbehov varför val av fläkttyp och storlek har en stor inverkan på systemets energiåtgång. (Berg 2008 s.468-471, FläktWoods 2010 s.85, 102-105)

Fläktens effekt betecknas SFP (Specific Fan Power) och anger hur mycket kraft i form av kW den kräver för att transportera en viss volym luft, där enheten är $[kW/(m^3/s)]$. Krav ställs i D2:an på maximalt SFP värde då luftbehandlingssystem beställs för att begränsa energiåtgången. Här är det ändå viktigt att komma ihåg att speciella delar som till exempel en roterande värmeväxlare, vilket ställer ett högre krav på SFP-värdet vilket i sin tur medför större kostnader för fläkten, sänker kostnaden för systemet överlag. Dessutom kan ett system med en för svag fläkt bli känsligt för yttre störningar som vind eller öppna fönster. Då krav ställs på SFP-värdet för systemets fläkt skall man minnas att detta krav är grunden för dimensioneringen för luftbehandlingssystemets andra delar. (Berg 2008 s.468-471, FläktWoods 2010 s.102-105)

Energibehovet för en fläkt är beroende av flödesbehovet, vilket är beroende av totaltrycksökningen och drifttiden. Eftersom denna energi utgör en stor del av hela luftbehandlingssystemets elanvändning skall både onödig drifttid och onödiga tryckförluster minskas. (Berg 2008 s.468-471, FläktWoods 2010 s.85, 102-105)

För att sänka på drifttiden för fläkten i luftbehandlingssystemen har övergång till DCV system som blivit allt vanligare. Dessa system varierar flödesmängden till olika zoner enligt behov, varför den totala flödesmängden minskar. Då flödesmängden minskar,

minskar även luftens värme eller kylbehov i samma grad varför investeringen i ett VAV system snabbt kan betala sig tillbaka. (Berg 2008 s.472-473, FläktWoods 2010 s.99)

Fläktens eleffektbehov höjs av luftbehandlingssystemets alla tryckfall. Tryckfallen orsakas av filter, värme- och kylbatteri, värmeväxlare, kanaldimensioner, krökar, ventiler, don och mycket mer. Det är viktigt att se på de delarnas tryckfall innan de väljs men det skall aldrig gå i första hand. Ett sämre klassens filter har till exempel ett lägre tryckfall än ett högre klassens och ett don har alltid ett högre tryckfall än bara ett hål men detta betyder inte att dessa lösningar är de rätta. Det är alltså till stor fördel att se till att tryckfallet i systemet blir lågt men luftkvaliteten får inte försämrats i processen. (Berg 2008 s.472-476, FläktWoods 2010 s.102)

8 LUFTSPRIDNING

Tilluftsdonet är den del av luftbehandlingssystemet som sprider på luften till rummet och är placerat i slutändan av tilluftskanalen. Donens uppgift är att se till att hela rummet ventileras utan att orsaka drag eller ljud i vistelsezonen. De olika donens spridningsbilder skall förstås i planeringsskedet och rätt don skall väljas till rätt ändamål. De olika donens spridningsbild får inte heller kollidera. Eftersom donen befinner sig på tak eller väggar och således syns för brukarna, är det ofta ett krav av arkitekten att donen också ser bra ut. (Berglund 2008 s.506-514)

8.1 Placering av don

I omblandande ventilation är den bästa placeringen av don mitt i taket. Härifrån kan luften flöda i 360 grader med en bra coanda-effekt. Dessutom finns det ofta bra utrymme att planera in raka kanalanslutningar till donet vilket minskar på tryckfall och ljud.

Finns det inte möjlighet att placera donen mitt i taket skall de placeras i rummets framkant. Härifrån når flödet bra till hela rummet men med nackdelen från centralt placerade att flödes hastigheten måste vara högre och kanallängderna blir något längre.

Här är det viktigt att välja rätt don med rätt inställning: 45graders luftstråle mot taket och 75% kastlängd av rummets djup och med rätt placering samt 10-20 cm från taket för att få en bra coanda-effekt och nå hela rumet. Kanaldragningen blir sällan rak vid vägg don. Här är det viktigt att vara noggrann med att de inte orsakas för mycket ljud (Berglund 2008 s.515-518)

8.2 Dontyper

Passiva don är don med konstant utloppsarea. Dessa don är ofta planerade för ett visst luftflöde och om denna ändras kommer spridningsbilden att ändras och då kan det ofta leda till drag i vistelsezonen. Det finns dock passiva don som klarar av relativt höga flödesändringar. (Berglund 2008 s.521-522)

Till de normalaste passiva donen hör

Dysdon som får sitt namn av att utloppet utformas av flera små vridbara dysor. Dessa don har låg ljudnivå och jämn spridningsbild. De har också en hög induktionsförmåga vilket gör att donet klarar av flödesändringar och låga flödestemperaturer. Dessutom kan spridningsbilden lätt ändras genom att justera dysorna vilket gör dysdonet mycket flexibelt. (Berglund 2008 s.522-524)

Rotationsdon som får sitt namn av att utloppet är format så att luftströmmen bildar en horisontell virvel. Denna bildning ger donet en hög induktionsförmåga som hjälper till med undertempererad luften. Problemet med dessa don är att spridningsbilden inte går att ändra. (Berglund 2008 s.524)

Perforerade luftdon vilka kan hantera höga luftmängder på en liten rumsyta och med låga kastlängder. Problemet med dessa don är att de inte är i samma plan som innertaket och är därför mindre omtyckta av arkitekter. (Berglund 2008 s.525)

Spaltdon är don med cirkulära eller kvadratiska spalter vilka kan sprida på höga luftflöden. Desto mindre dessa spalter är desto längre blir spridningsbilden (Berglund 2008 s.526)

Aktiva don är de don som lever enligt ventilationsbehovet. Dessa reglerar automatiskt utloppsarean för att behålla spridningsbilden i olika flödes hastigheter och de mest avancerade byter också luftriktning enligt behov. Aktiva don används i system med variabla flöden för att behålla spridningsbilden. Donen har givare som mäter föroreningar eller andra variationer i zonen för att sedan anpassa spaltöppningen enligt behov. Dessa don har alltid rätt spridningsbild, är alltid tysta och klarar mycket stora undertemperaturer. Nackdelen är det höga priset och att de kräver elanslutning för att fungera. (Berglund 2008 s.527-528)

Dessutom finns det *linjära spaltdon* vilka knappt syns eftersom de smälter in i konstruktionen, *jetspridare* som används i mycket höga byggnader, *kanaldon* som är bra lösning i rum utan innertak samt *vägg-, fönster- och golv don* vilka används ifall det blir problem med tak don. (Berglund 2008 s.525-530)

8.3 Kylbafflar

I rum med stora värmelaster kan luftmängderna bli för stora om man kyler hela rummet med luft. Här kan det vara bra att använda sig av kylbafflar. Detta är en aluminiumpanel integrerad med kopparrör där kylt vatten cirkulerar och tar upp panelens värme som sedan tar upp överskottsvärme ur rummet. Vissa kan också användas som värmare. (Svensson 2008 s.538-541)

Passiva kylbafflar fungerar genom konvektion och lite strålning. Det kalla vattnet cirkulerar i baffeln och kyler ner den varma luften som samlats sig överst i rummet. Den kylda luften rasar sedan ner och ny varm luft kommer till baffeln. Såhär pågår kylprocessen ända tills det inte finns någon temperaturskillnad i rummet. Baffeln behöver endast vattenanslutning och klarar effekter på 60-80 W/m² (Svensson 2008 s.541-543)

Aktiva bafflar fungerar som både kylbaffel och luftdon. Baffeln är uppbyggd av tilluftskammare, flänsbatteri, tilluftsdysor, tilluftsspalt och en perforerad underdel för cirkulationsluft. Aktiva kylbafflar fungerar genom att tilluften som förs till baffeln tvingas igenom batteriet och omblandas med rumsluften för att utan drag tillföra kyla till rummet. Aktiva bafflar kan också användas som värmare. Aktiva kylbafflar har en kyleffekt på 100-110 W/m². (Svensson 2008 s.543-544)

9 VVS SANERING

Det finns flera orsaker varför husets vvs system måste saneras. Det kan antingen handla om läckande vattenledningar, underliga lukter, otillräcklig ventilation eller föråldrad utrustning. Det är ofta smart att förbättra på VVS systemen under saneringen eftersom investeringskostnaden då är mycket lägre.

9.1 Ventilation

I luften vi andas in finns ungefär 3000 grundämnen som till exempel koldioxid. Koldioxidhalten i ett rum kan vara upp till 800ppm utan att vi lägger märke till det men redan om halten stiger upp till 1500ppm känner vi oss trötta och vi kan t.o.m ha huvudvärk då vi vaknar. Om sedan halten stiger upp till 2500ppm börjar vi må illa. (Harju&Matilainen 2007 s.63)

Det lättaste sättet att mäta hurdan inomhusluft vi har är med hjälp av näsan. Ifall föroreningarna i ett rum är för höga känns luften tjock medan om man från ett förorenat rum stiger ut kommer luften att kännas frisk och skön att andas. Det finns dock ämnen som kolmonoxid och radon som inte kan kännas enbart med näsan och till dessa behövs speciell mätutrustning. (Harju&Matilainen 2007 s.63)

För att bli av med dessa föroreningar som vi antingen känner av eller som uppmäts skall byggnader ventileras enligt vissa myndighetskrav som finns i *D2 Finlands byggbestämmelsesamling Byggnaders inomhusklimat och ventilation* enligt vilken, i bostadshus, förorenad luft skall bortföras från de mest förorenande rummen som till exempel kök,

WC, tvätttrum, kläd rum, hjälpkök samt bastu medan ren tilluft skall inblåsas till sovrum och vistelserum. Rummen skall dessutom ventileras enligt personantal med minst $6\text{dm}^3/\text{s}$ per person men får inte understiga luftväxlings koefficient på 0,5l/h. (Halva rummets luftvolym bör bytas under en timme) (Harju&Matilainen 2007 s.63)

9.2 Ventilationssystemets krav

Enligt D2 skall ventilationssystemet kunna styras enligt belastning och luftens kvalitet. Systemet skall alltså kunna regleras ner ifall huset står tomt medan det skall kunna ökas vid tillfällig belastning som till exempel matlagning. En bra ventilation får ren luft att sprida sig till hela rummet för att sedan gå vidare till de mer förorenade rummen och därifrån ut genom frånluftsventilerna. Ventilationssystemet skall också hålla ett litet undertryck i byggnaden för att hindra fukt och andra föroreningar från att spridas till isoleringen. Utöver detta skall systemet vara dragfritt, luktfritt, ljudfritt, energieffektivt och igång dygnet runt. Det är dessutom viktigt att systemet är lätt vårdat. (Harju&Matilainen 2007 s.65-66)

9.3 Befintliga byggnaders ventilationssystem

Sätten hur bostadshusen ventileras är i stort sätt beroende på året då det är byggt. Fram till 1960 byggdes nästan alla bostadshus med enbart självdragsventilation. Denna baserar sig på att den lättare varma luften far ut via kanaler medan frisk luft sedan läcker in via otätheter eller tilluftsventiler. (Harju&Matilainen 2007 s.63)

Vid 1960-talet började maskinell frånluftsventilation installeras till bostadshus. Frånluftsventilation baserar sig på en huvudfläkt på taket från vilken kanaler dras till husets mest förorenade rum som till exempel WC, tvätttrum och klädrum. Tilluften kommer även här från otätheter i konstruktionen eller tilluftsventiler. Vid mitten av 1980-talet blev dock tilluftsventiler obligatoriska. (Harju&Matilainen 2007 s.64)

Vid 1990-talet började till- och frånlufts ventilation med värmeåtervinning bli alltmer vanligt. Dels på grund av att rummen kunde, med hjälp av värmeåtervinningen, ventileras utan drag men också på grund av bättre filtrerings möjligheter och energibesparings möjligheter. Tilluften kunde också förvärmas med skilda värmebatterier före tilluftsdo-
nen. (Harju&Matilainen 2007 s.64)

9.4 Bostadshöghusens ventilation

Bostadshöghus med självdragsventilation fungerar genom att den varmare luften stiger upp och ut genom raka frånluftskanaler. Ventilationen fungerar bäst på vintern då temperaturskillnaden mellan inne och uteluften är hög medan den kan stå stilla eller fungera bakvänt på sommaren då temperaturskillnaden är nära noll. I vissa fall finns det även risk för övertryck i byggnaden vilket kan skada isoleringsmaterialet. Användarna har ingen möjlighet till att ändra på ventilationen. Tilluften kommer in kall tillsammans med uteluftens föroreningar, dessutom hörs ljud genom tilluftshålen. (Harju&Matilainen 2007 s.68)

Bostadshöghus med centraliserad maskinell frånluftsventilation har en gemensam fläkt på taket med en gemensam frånluftskanal till all på varandra liggande köksfläktar och en gemensam kanal till alla på varandra liggande WC:n. Ventilationen fungerar lika bra på både sommaren och vintern men användarna har inte möjlighet att påverka effektiviteten. Risk för övertryck finns inte så länge systemet är korrekt inställt och omskött samt inga tilluftsventiler täpps till. Tilluften kommer in kall med uteluftens föroreningar och ljud hörs in igenom tilluftshålen. Ljud förs också mellan bostäderna längs med de gemensamma frånluftskanalerna. Fast systemet har en billig investeringskostnad är den ändå dyr i drift. (Harju&Matilainen 2007 s.68)

Bostadshöghus med gemensam maskinell till- och frånluftsventilation har ett gemensamt ventilationsaggregat, ofta på taket, som innehåller till- och frånluftsfläkt med värmeåtervinning. Luften värms skilt för varje rum och det finns inget behov för värmeradiatorer vilket ökar den användbara rumsvolymen. Energi sparas då värmen ur frånluften återanvänds och risken för drag försvinner då tilluften är uppvärmd och kontrollerad.

rad. Inneluftens kvalitet blir märkbart bättre då det finns möjlighet till effektiv filtrering av tilluften. Eftersom systemet inte kräver hål i väggarna slipper inte uteljuden in på samma sätt som i enbart frånluftsventilation. Risk för övertryck i byggnaden finns inte. Användarna har inte möjlighet att påverka ventilationseffektiviteten och ljud förs mellan bostäder längs med från- och tilluftskanalerna. Systemet har en dyr investeringskostnad men är mycket billig i drift och ökad ventilationseffektivitet höjer inte på kostnaderna. Systemet har fler kanaler vilkas utrymmesbehov är stort. (Harju&Matilainen 2007 s.69)

Bostadshöghus med bostadsspecifik maskinell till- och frånluftsventilation är mycket likt den gemensamma ventilationen, men bostäderna har eget aggregat och ventilationsbehovet kan styras skilt för varje bostad. Systemet är bra då byggnadens olika bostäder har väldigt varierande användningstider eller ändamål. (Harju&Matilainen 2007 s.69)

9.5 Konditionsgranskning

Det finns flera orsaker varför konditionsgranskningar av byggnaders VVS utrustning bör göras. Utrustningen skall alltid granskas med jämna mellanrum och det är alltid bra att göra en grundlig granskning före stora saneringar för att få en helhetsbild av det kommande arbetet. Men granskning skall också utföras ifall inneklimatet försämras. Plötsligt kommande lukter, fukt på fönsterytor och problem med drag kan vara tecken på en söndrig vvs utrustning. (Harju&Matilainen 2007 s.70)

Ifall inneklimatet plötsligt försämrats skall man kontrollera att till,- och frånluftsventilerna är rena och på plats. Stickprov skall också utföras i maskinella ventilationssystem där luftflöden mäts att de stämmer överens med det planerade. I bostäders våtutrymmen är det viktigt att lägga extra noggrannhet på att luftomväxlingen är tillräcklig eftersom fukten annars kan kondensera på ytan av frånluftskanalen och orsaka fuktskador. Vid eventuella till,- och frånluftssystem skall fläktarnas kondition kontrolleras. Man bör också lyssna efter darrningar som kan vara ett tecken på att fläkten inte snurrar balanseerat. Det är också viktigt att se efter om isoleringarna är tillräckliga eller om det finns spår av kondessvatten i ventilerna. (Harju&Matilainen 2007 s.70-73)

Då husbolaget vet om en kommande rörsanering bör informationen komma till de bo-satta så fort som möjligt, helst flera år innan renoveringen inleds. Då kan man säkerställa att alla hinner fundera på egna önskemål och förbättringsförslag till det nuvarande tillståndet. Eftersom rörsaneringar är omfattande både ur arbetsmängdens och investeringens synvinkel är detta ett ypperligt tillfälle att förbättra på det nuvarande ventilationssystemet eller helt byta till modernare system. Boende borde alltid få veta om de olika alternativen, deras investeringskostnader, inbesparingsmöjligheter och kvalitetsförbättringar på hemmiljön. (Harju&Matilainen 2007 s.50, 74)

9.6 Byte av ventilationssystem

Då rörsaneringar görs i byggnader med självdragsventilation skall det först bestämmas ifall den nuvarande ventilationen skall förbättras eller förnyas till maskinell. Om självdragsventilationen behålls skall frånluftsventilernas kondition igenomgås varefter de antingen putsas, repareras eller förnyas enligt behov. Om inga tilluftsventiler finns kan det löna sig installera sådana till sovrum och vardagsrum eller annars ta bort en del av rummets fönstertätning för att säkerställa tillräcklig tilluft. Frånluftskanalerna är ofta i dåligt skick och skall därmed tätas och putsas och på utloppet kan det vara bra att installera en frånluftsfläkt för att säkerställa ventilation även på sommaren. (Harju&Matilainen 2007 s. 74)

Ifall ventilationssystemet förnyas men husets livstid anses vara kort eller ingen större investering görs kan ventilationen förbättras med ett maskinellt frånluftssystem. Detta innebär att en frånluftsfläkt installeras, ofta vid taket, från vilken kanaler dras till de mest förorenande rummen i byggnaden. Detta innebär att en konstant ventilation säkerställs och samtidigt finns det möjligheter att installera ett grovt filter bakom tilluftsventilerna vilket förbättrar inomhusluften något. Tilluftsventilerna kan också utrustas med värmebatterier för att hindra dragkänslan då uteluften annars orsakar kallras, vilket betyder att sval luft lägger sig på golvnivå och kylan känns i fötterna. Tilluften kan också föras in via så kallade tilluftsfönster, vilka har möjlighet att också filtrera luften innan den kommer in till rummet. Frånluftsfläkten behöver dock energi för att hållas igång

och eftersom denna måste arbeta dygnet runt kan energikostnaderna bli märkbara i jämförelse med självdragsventilation. Den ökade luftomväxlingen betyder att mer luft måste värmas upp till rumstemperatur vilket medför högre uppvärmningskostnader, dessa kan minskas genom att låta installeras en frånluftsvärmeåtervinnare. Denna kan till exempel användas som hjälp för exempel värmepumpar i låga utetemperaturer. (Harju&Matilainen 2007 s. 74)

Ifall byggnader med självdrags- eller maskinell frånluftsventilation som renoveras räknas ha en lång livstid kan maskinell till- och frånluftsventilation installeras. Detta innebär att investeringskostnaden blir högre men att ren, hälsosam inomhusluft fås samtidigt som driftkostnaderna minskar rejält med hjälp av värmeåtervinningen. (Se stycket om värmeåtervinning) Byggnader i stad eller nära förorenande fabriker eller vägar rekommenderas starkt att filtrera tilluften eftersom föroreningar som avgaser, fabriksutsläpp eller gatudamm annars kommer till inomhusluften. (Se stycket om inomhusluftens föroreningar). För till- och frånluftsventilationen dras tilluftskanaler till sovrum och andra vistelserum medan frånluftskanalerna dras från de förorenade rummen som WC och kök. Dessa förs sedan till ett centrerat aggregat utrustat med värmeåtervinning. På detta sätt täcks upp till 90% av årets uppvärmningstid vilket utgör en märkbar summa i kwh och pengar. Det krävs dock noggrann planering av de stora kanalerna som distribuerar luften för att inte minska på bostadskvadraterna för mycket medan plats också måste hittas för ventilationsaggregatet. (Harju&Matilainen 2007 s. 75)

10 SIMULERING AV BYGGNADEN

Med hjälp av simulering av ett typisk 1970-tals bostadshöghus vill jag ha svar på hur olika ventilationsprinciper förbättrar på byggnadens energiprestanda och om det ens i teorin är möjligt att denna betalar sig tillbaka på annat sätt än i form av hälsa. Jag vill också tydligt få fram energimängder som sparas per år för att det skall bli lättare för eventuella bostadsägaren att räkna ut återbetalningstider för sin investering.

10.1 IDA ICE-Programet

IDA ICE är ett simuleringsprogram utvecklat av Equa. Programmet används för att med hjälp av simulering räkna ut byggnaders exakta energiåtgång. Därefter det finns möjligheter att med programmet räkna ut, redan innan själva investeringen är gjord, vilka ändringar på konstruktionerna som kan göras och vilka energibesparingar detta skulle medföra. På detta sätt kan de mest lönsamma investeringarna hittas eller olönsamma investeringar undvikas. Programmet berättar också hur dina förbättringar påverkar inomhusklimatet eller om det finns risk för kondens. (2014 <http://www.equa.se/en/about-us/building-performance-simulation>)

10.2 Exempelbyggnaden

Som exempel för ventilationsanläggningsbytets lönsamhet har jag valt ett orört typiskt 70-tals bostadshöghus vilkens konstruktion är tagen ur miljöministeriets exempel på typiska byggnadskonstruktioner. Denna är tillverkad för att hjälpa med energicertifikats-tillverkning.

10.2.1 Konstruktion & ventilation

Byggnaden är ett 30 lägenheters bostadshöghus med sammanlagt ca 1630m² golv area.

Väggarnas uppbyggnad är 60mm betong, 100mm mineralull, 150mm betong.	U-värde= 0,32
Takets uppbyggnad är 150mm betong och 100mm mineralull.	U-värde= 0,33
Golvets uppbyggnad är 250mm betong, 125mm mineralull.	U-värde= 0,26
Fönstren är 2glas fönster.	U-värde= 2,9

Dörrar.	U-värde= 2,2
Husets täthet.	12.2 m ³ /(h*m ² extern yta)

Läckage i skarvar, fönster och dörrar antas vara mycket hög.

Denna byggnad har jag simulerat med 3 olika ventilationstyper; självdrags, frånlufts och till- och frånluftsventilation.

Självdragsventilationen dras från WC-utrymmen, köken, trapphuset och hisschaktet medan tilluft fås igenom otätheter i byggnaden och tilluftsventiler i sovrum och vardagsrum. Bostadshöghus byggda på 1970-talet har inte självdragsventilation men jag tog ändå med detta för att få ett ungefärligt exempel på hur bytet skulle påverka dessa byggnader.

Frånluftssystemet är installerat, enligt D2 byggnaders ventilation.

WC utrymmen	-7 l/(s*m ²)
köken	-0,44 l/(s*m ²)
trapphuset	-0,5 l/(s*m ²)
hisschaktet	-8 l/(s*m ²)

Tilluften fås här igenom tilluftsventiler i sovrum och vardagsrum.

Till- och frånluftssystemets till- och frånluft är installerat, enligt D2 byggnaders ventilation

WC utrymmen	-7 l/(s*m ²)
köken	-0,44 l/(s*m ²)
trapphuset	-0,5 l/(s*m ²)
hisschaktet	-8 l/(s*m ²)
sovrum	+10 l/s per person
vardagsrum	+10 l/s per person
Bastu	-2 l/(s*m ²) / + 2 l/(s*m ²)

Eftersom många av höghusen byggda på 70-talet har gjort eller kommer genomföra fasadrenovering tänker jag också räkna ut energibesparingsmöjligheter med hjälp av ventilationsbyte ifall huset är renoverat.

Huset renoveras enligt myndighetskrav till.

Väggar	0.17 W/(m ² *K)
Fönster	1.0 W/(m ² *K)
Dörrar	1.0 W/(m ² *K)
Täthet	6 l/h

skarvar och hörnläckage minskar.

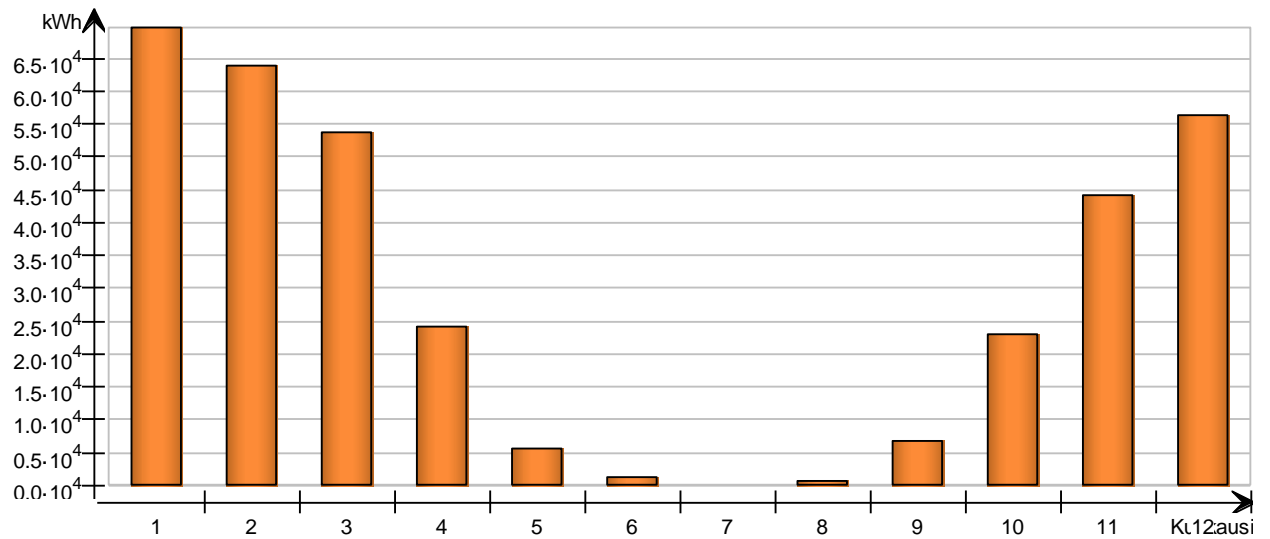
Energiåtervinning ur byggnader med endast frånluft förbättrar inte på luftkvalitén och är därför inte med i uträkningarna.

11 RESULTAT

Resultaten är frammställda med tydliga diagramm som visar uppvärmningsenergin, fläktenergin, inneklimatet samt korta förklaringar.

11.1 Typiskt 1970-tals bostadshöghus med självdragsventilation

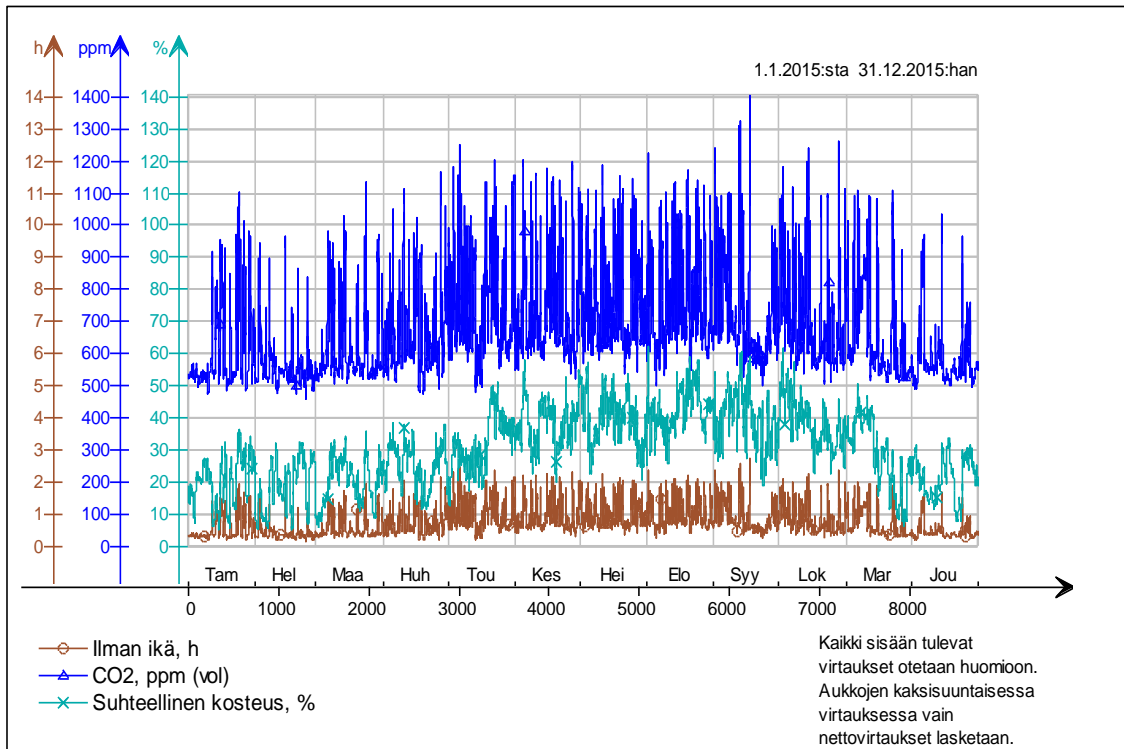
Energi i kwh



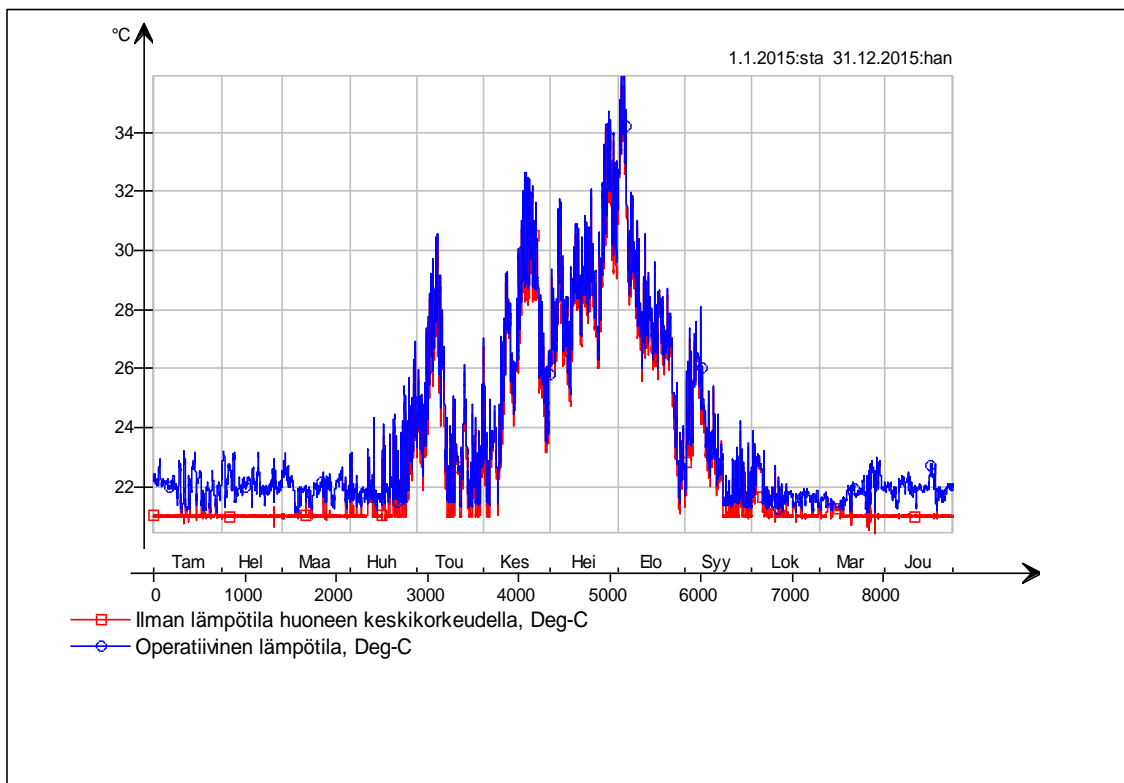
Figur 3. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation

Sammanlagt: 347876kwh

Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4



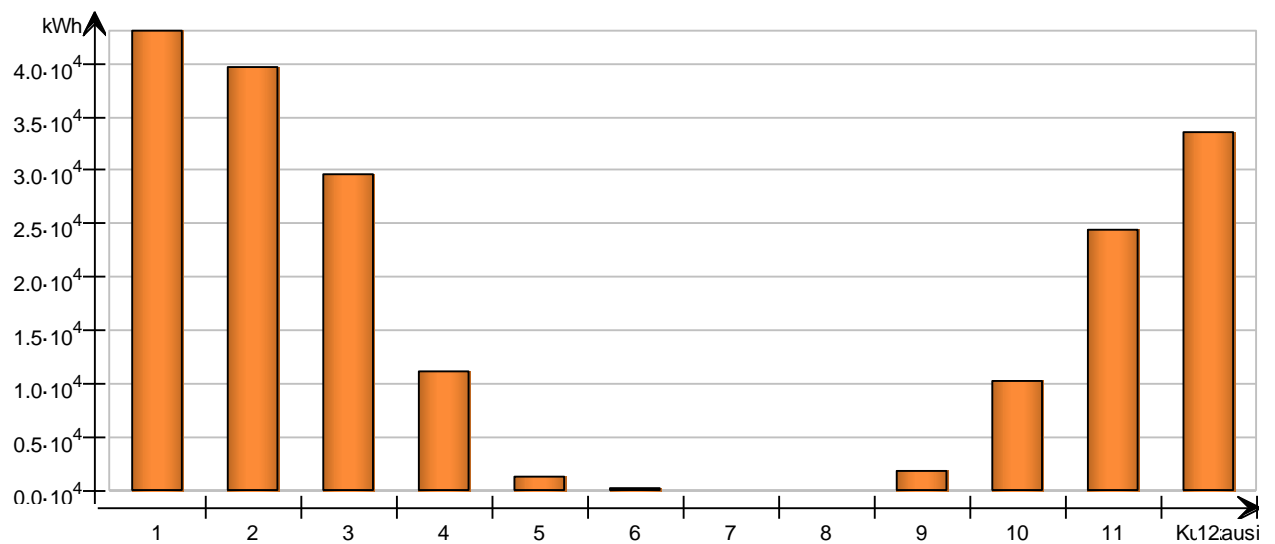
Figur 4. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation



Figur 5. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med självdragsventilation.

11.2 Tilläggsisolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med självdragsventilation

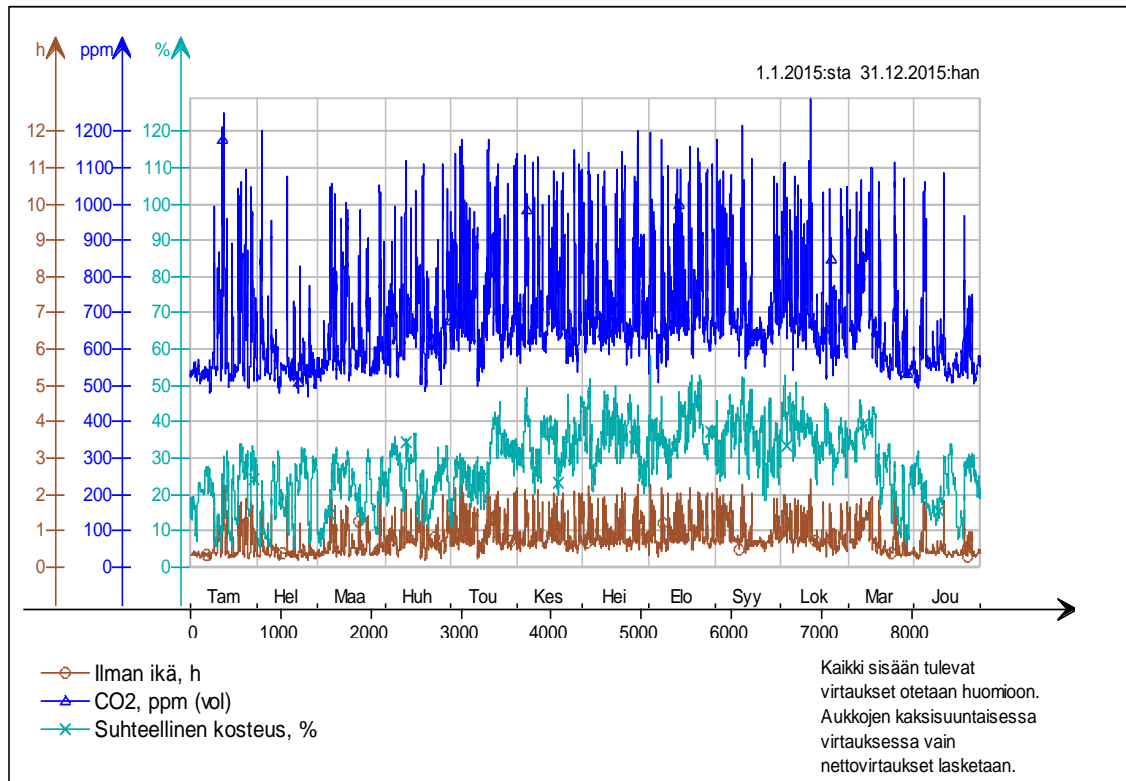
Energiåtgång



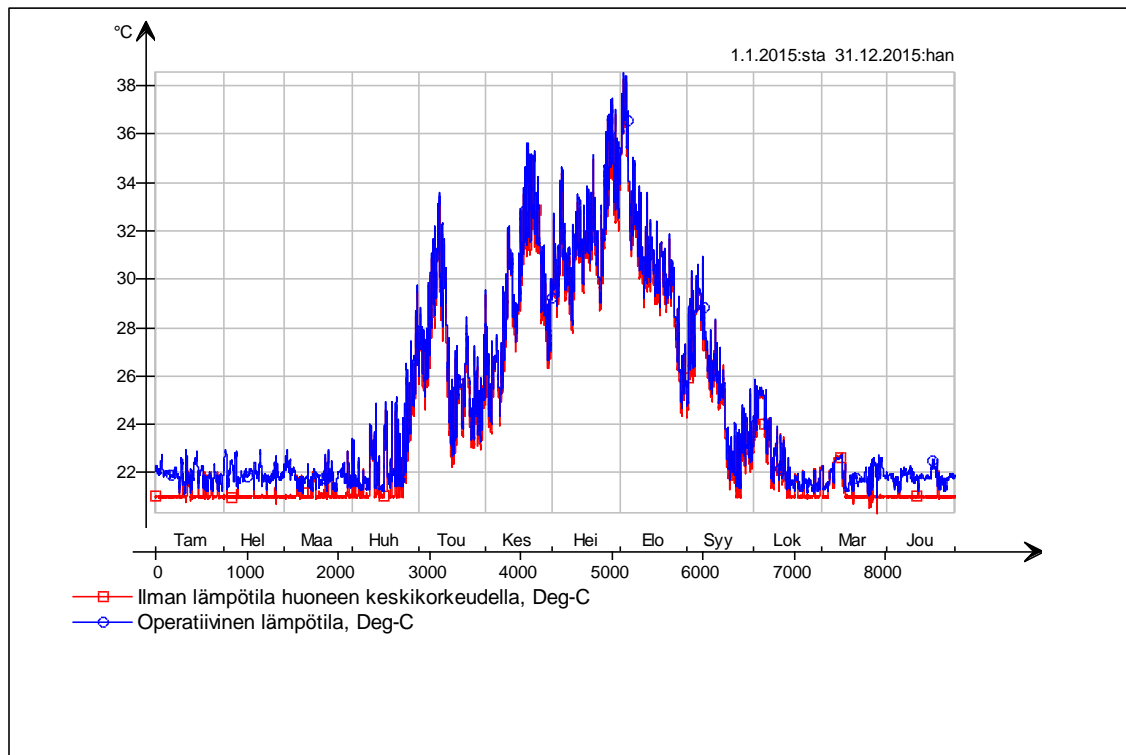
Figur 4. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation

Sammanlagt: 194694kwh

Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4



Figur 7. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation.

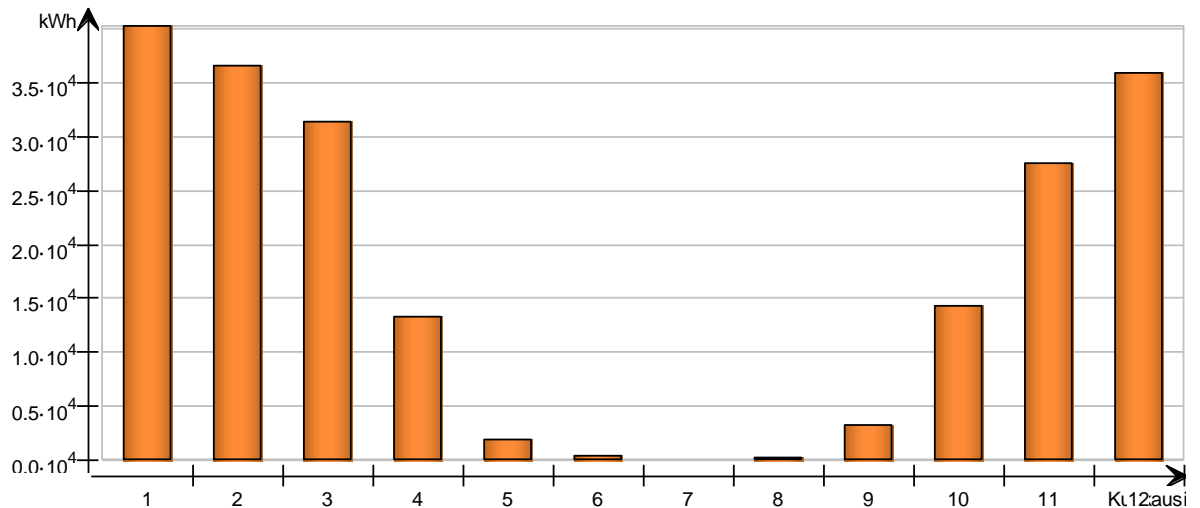


Figur 8. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med självdragsventilation.

11.3 Typiskt 1970-tals bostadshöghus med frånluftsventilation

Energi

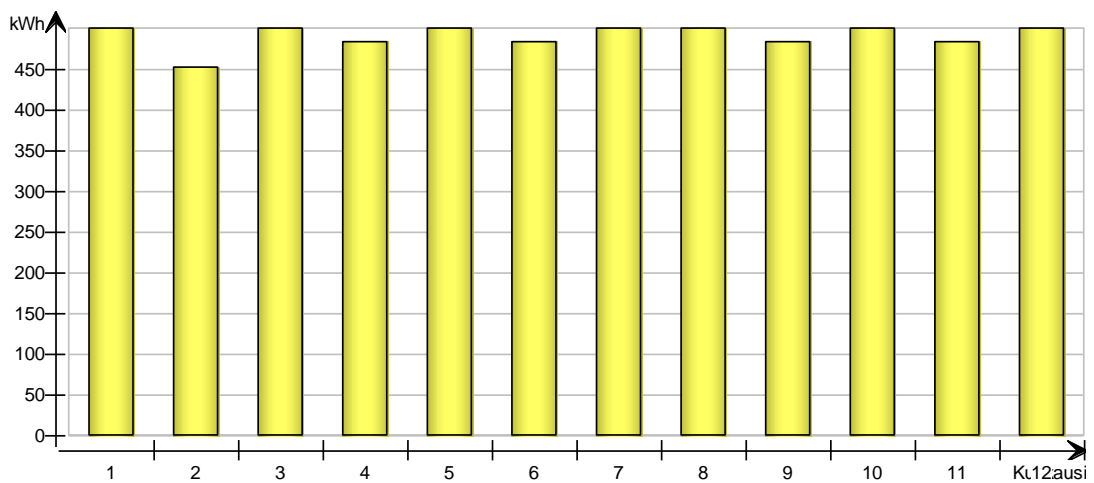
Uppvärmning



Figur 9. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation

Sammanlagt: 204305 kwh

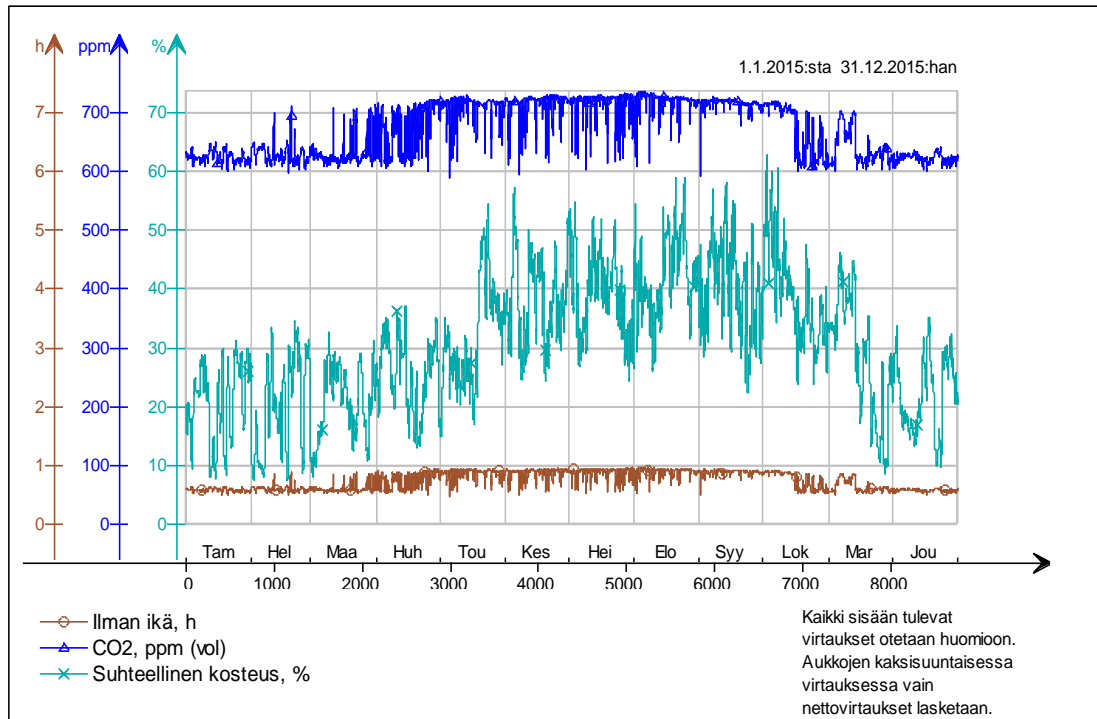
Fläktar



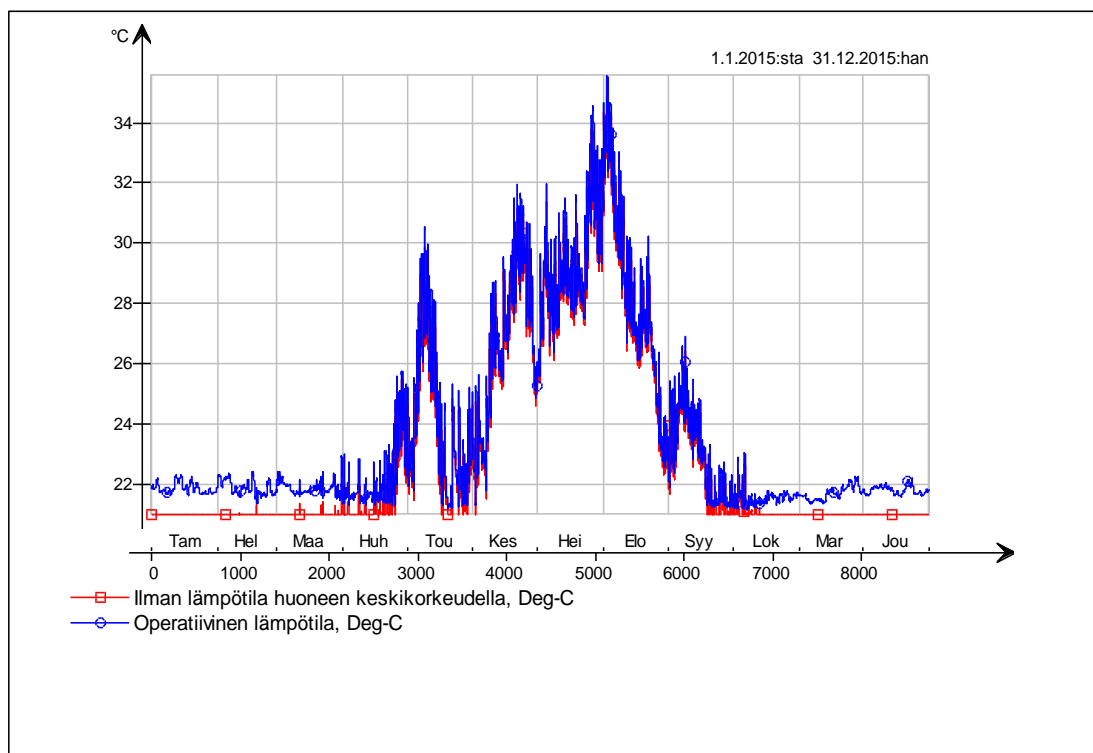
Figur 10. Energibehovet av fläktarna i ett 1970-tals höghus med frånluftsventilation

Sammanlagt: 5881 kwh

Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4



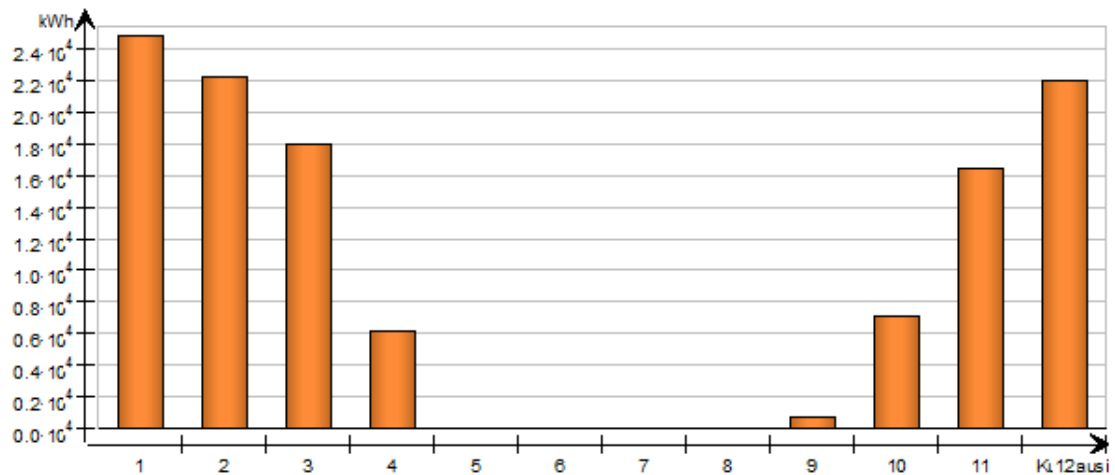
Figur 11. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals hög-
hus med frånluftsventilation



Figur 12. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals hög-
hus med frånluftsventilation.

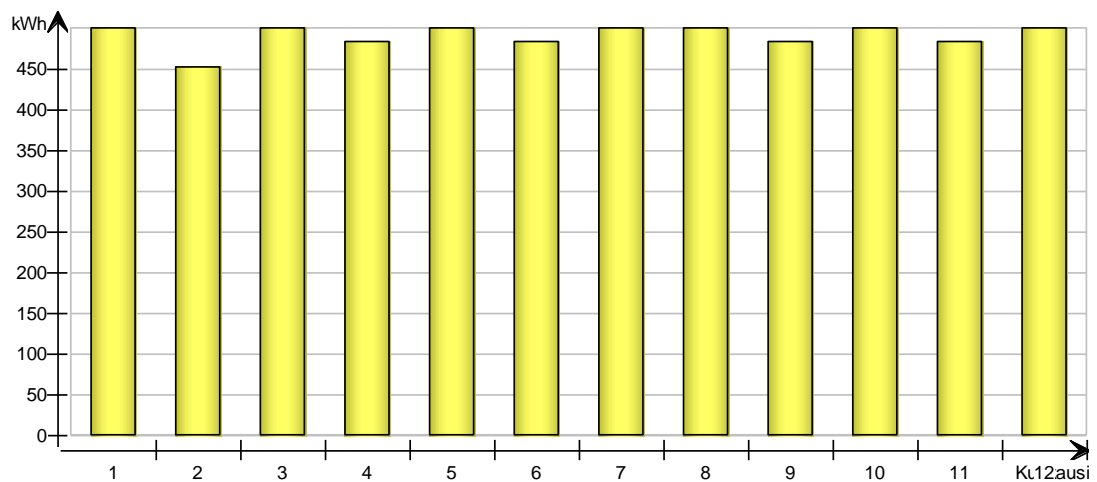
11.4 Tilläggsisolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med frånluftsventilation

Energi i kwh



Figur 13. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

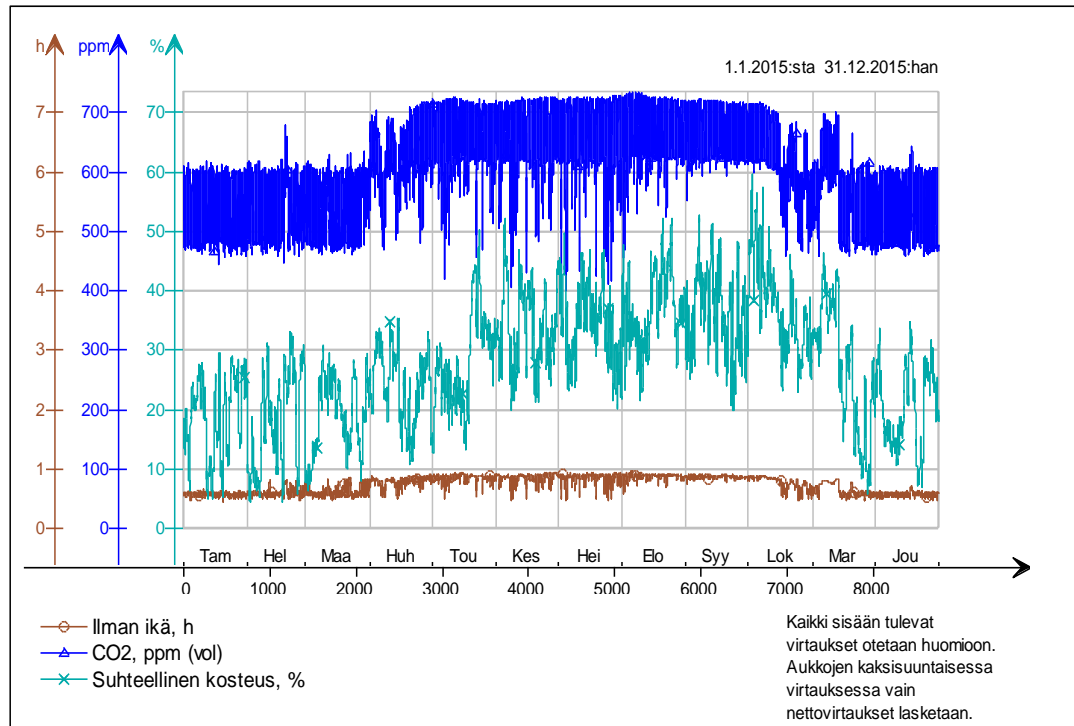
Sammanlagt: 117403 kwh



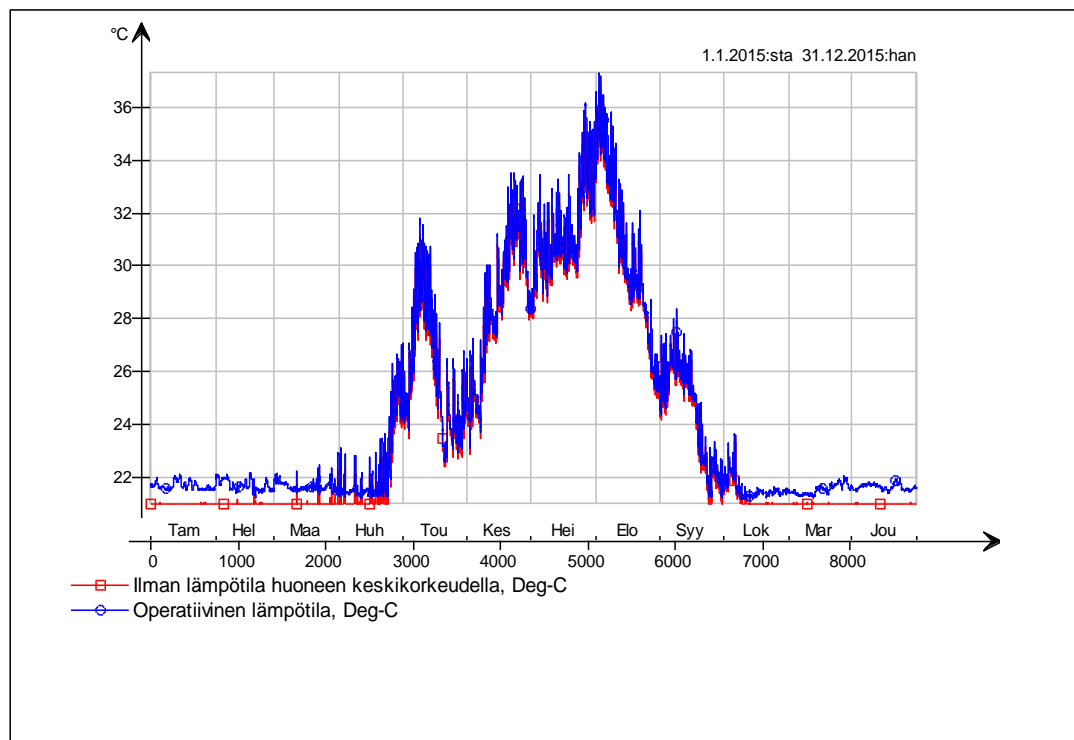
Figur 14. Energibehovet av fläktarna i ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

Sammanlagt: 5881 kwh

Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4







Figur 15. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation



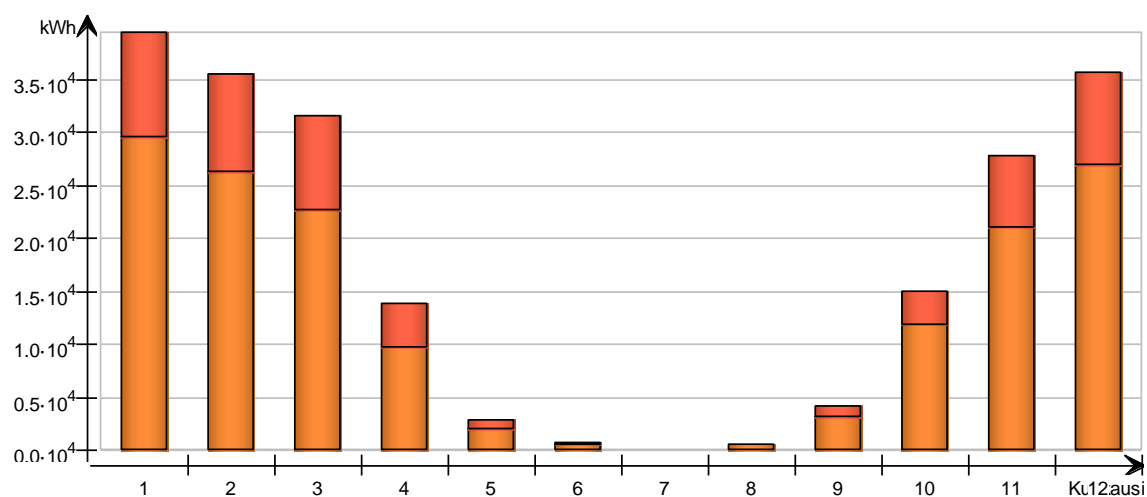
Figur 16. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med frånluftsventilation

11.5 Typiskt 1970-tals bostadshöghus med till-, och från-luftsventilation och VVX

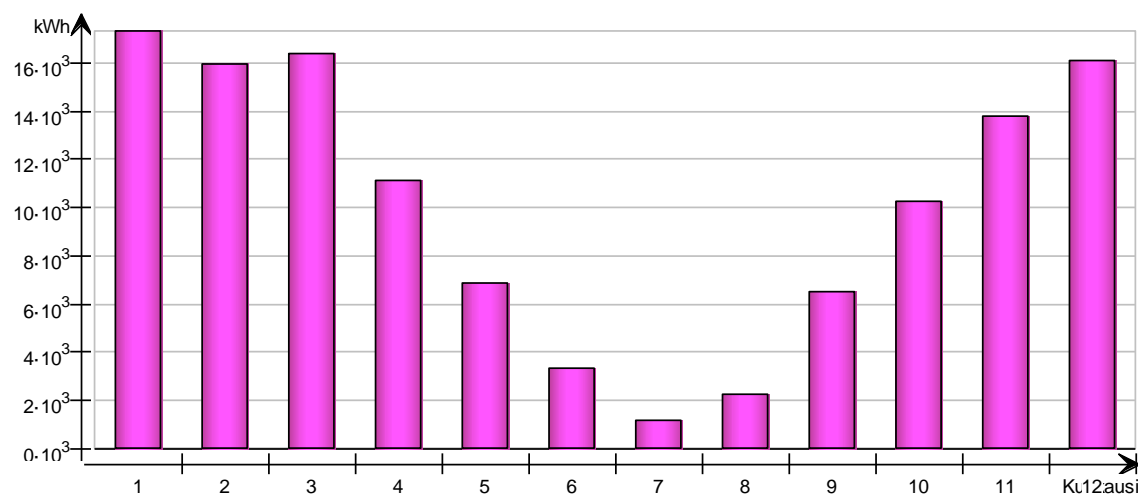
Energi i kwh

Månad	Totalt uppvärmningsbehov	Värmeåtervinning	Zonuppvärmning	Ventilationsuppvärmning	Fläktar
					
1	29496.0	17295.0	12201	9924.0	1271.0
2	26358.0	15960.0	10398	9277.0	1148.0
3	22588.0	16383.0	6205	8942.0	1272.0
4	9744.0	11069.0	0	4164.0	1237.0
5	1933.0	6851.0	0	802.5	1284.0
6	518.2	3340.0	0	124.5	1247.0
7	2.4	1169.0	0	0.0	1291.0
8	452.0	2255.0	0	54.2	1290.0
9	3185.0	6464.0	0	904.2	1243.0
10	11766.0	10205.0	1561	3153.0	1280.0
11	21002.0	13764.0	7238	6684.0	1234.0
12	26993.0	16070.0	10923	8728.0	1273.0
Sammanlagt	154037.6	120825.0	48526	52757.4	15070.0

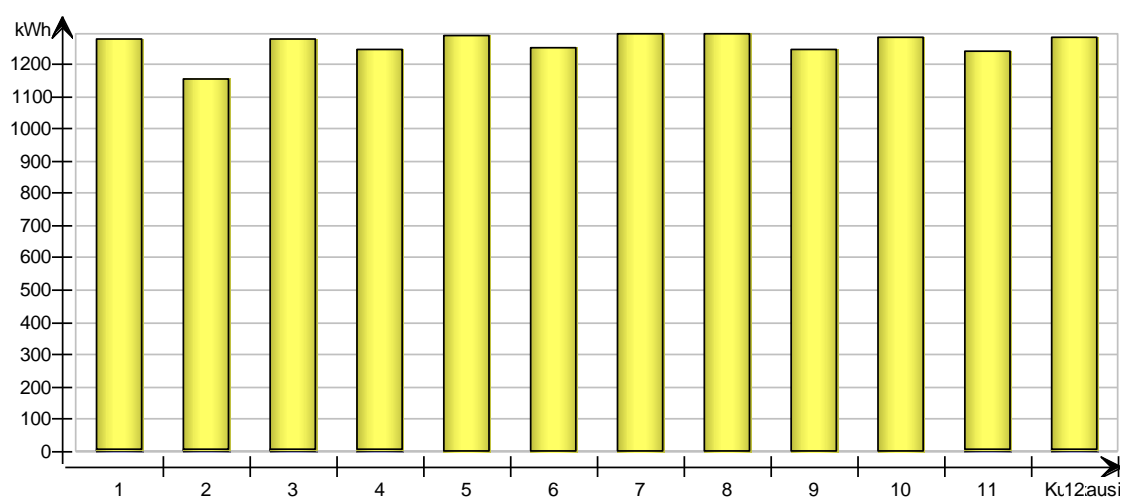
Tabell 1. Energidata av uppvärmningssystemen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.



Figur 17. Uppvärmningsbehov av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

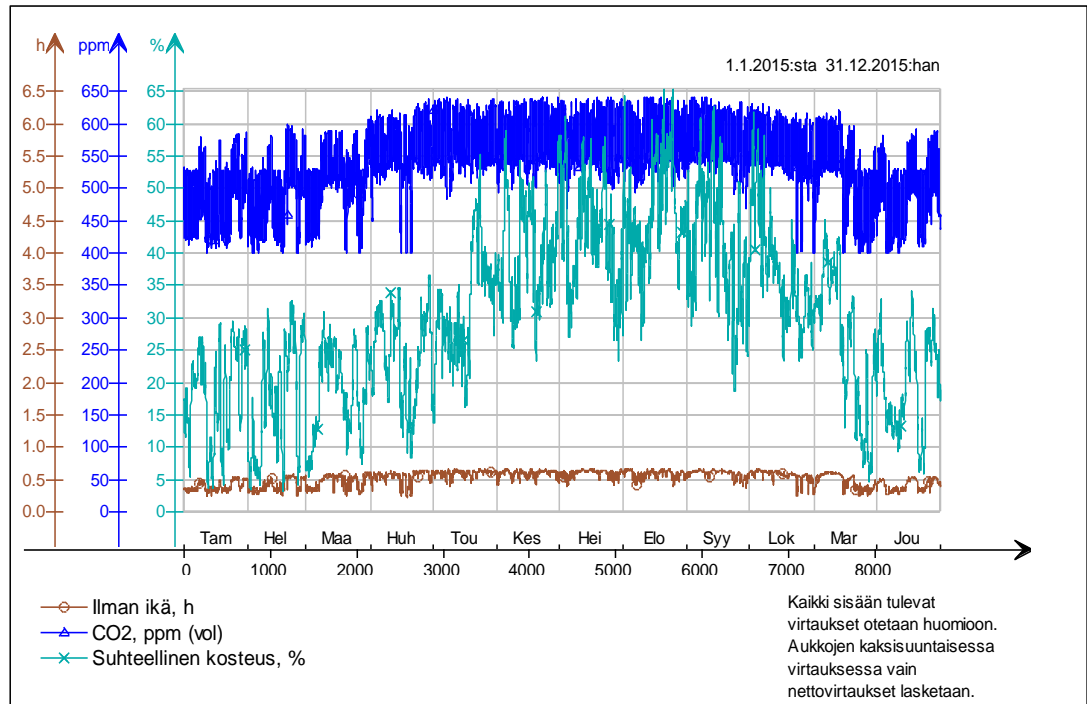


Figur 18. Värmeåtervinningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

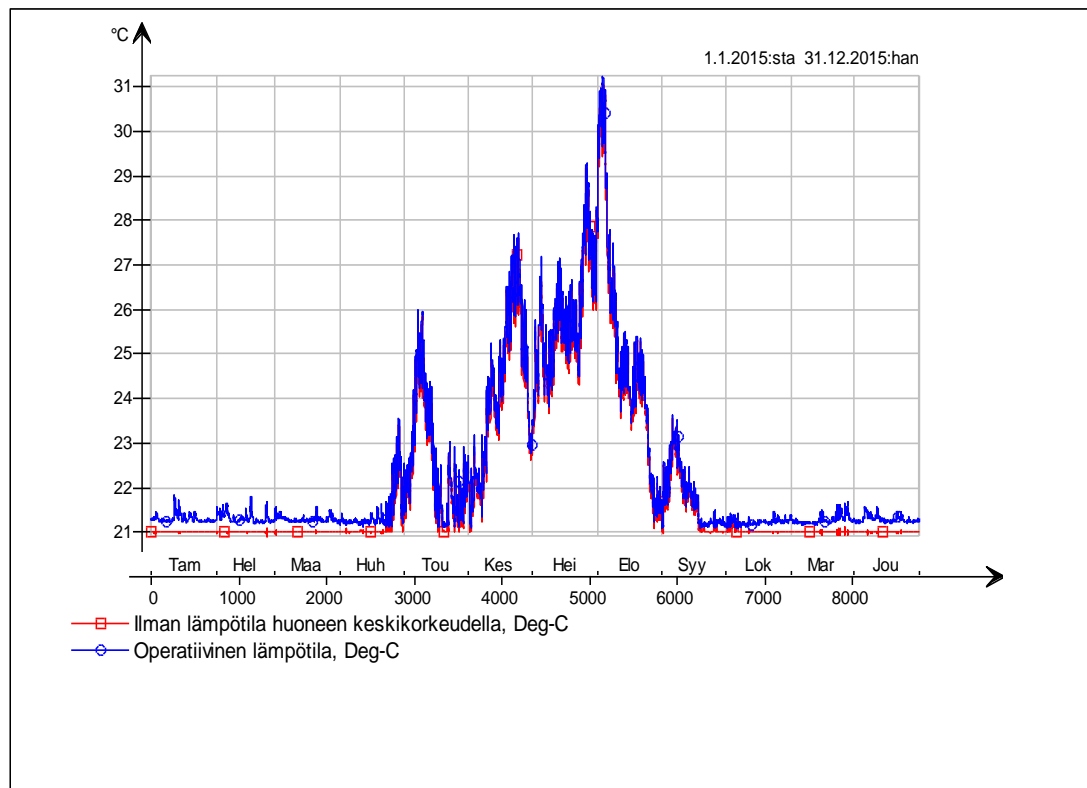


Figur 19. Energibehovet av fläktarna i ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4







Figur 20. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.



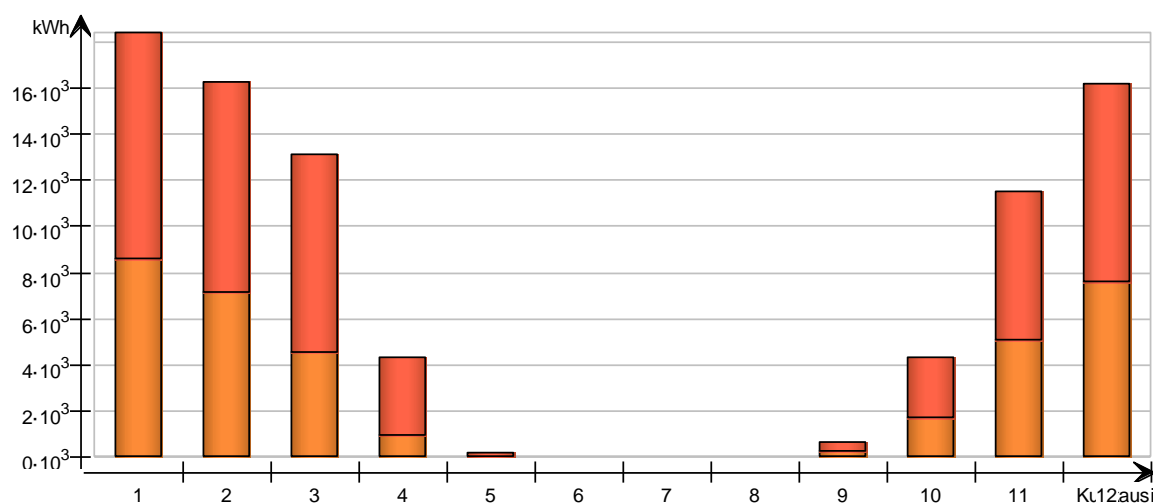
Figur 21. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.

11.6 Tilläggsisolerat typiskt 1970-tals bostadshöghus med till-, och frånluftsventilation och VVX

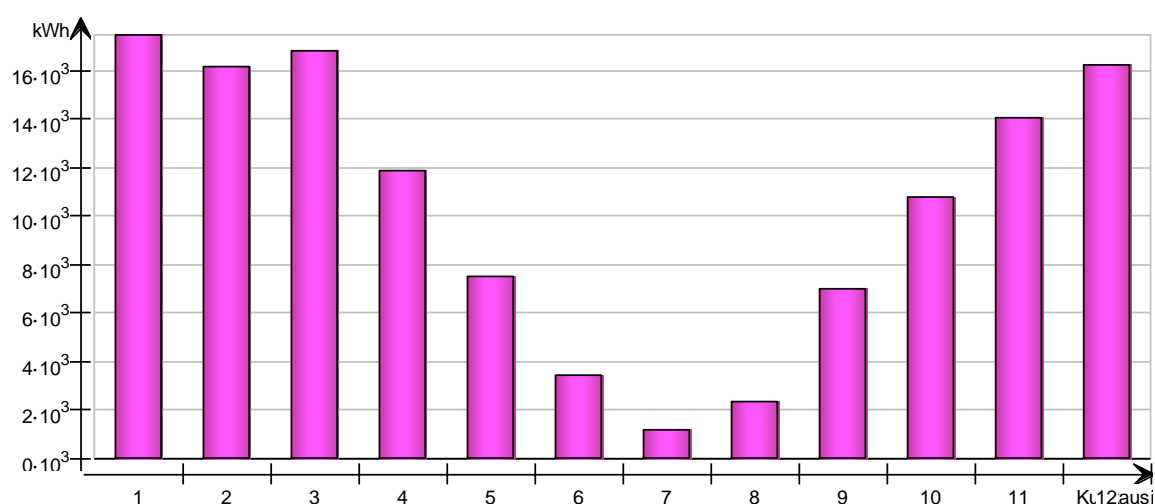
Energi I kwh

Kuukausi	Totalt uppvärmningsbehov	Värmeåtervinning	Zonvärme	Ventilationsvärme	Fläktar
					
1	8597.0	17428.0	0	9792.0	1271.0
2	7164.0	16132.0	0	9105.0	1148.0
3	4526.0	16740.0	0	8586.0	1272.0
4	952.6	11872.0	0	3360.0	1236.0
5	7.0	7490.0	0	167.1	1283.0
6	1.2	3440.0	0	24.2	1247.0
7	0.0	1169.0	0	0.0	1291.0
8	4.4	2307.0	0	1.5	1290.0
9	204.2	7007.0	0	361.8	1242.0
10	1683.0	10725.0	0	2635.0	1280.0
11	5094.0	13992.0	0	6456.0	1234.0
12	7550.0	16218.0	0	8581.0	1273.0
Sammanlagt	35783.4	124520.0	0	49069.6	15067.0

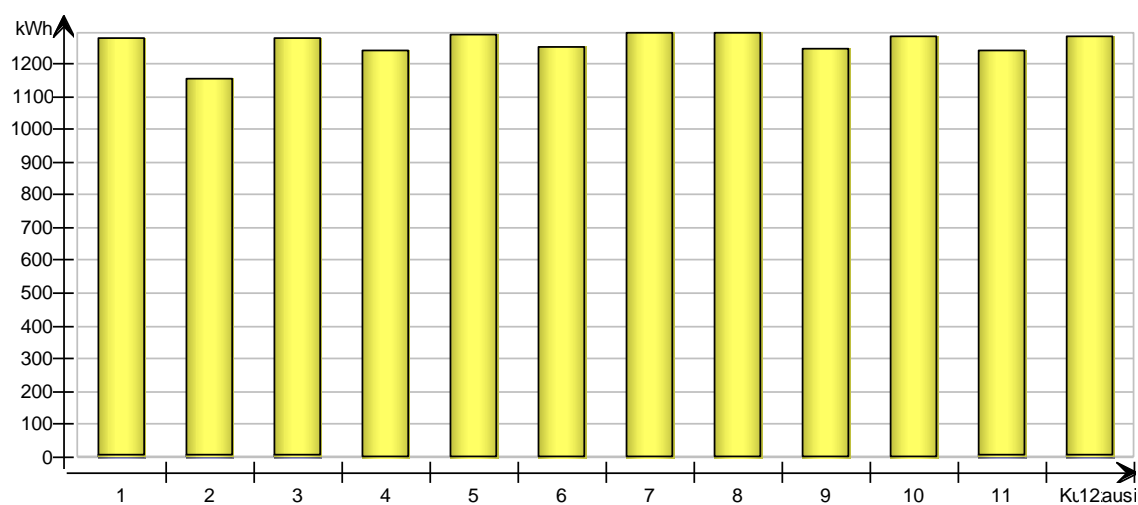
Tabell 2. Energidata av uppvärmningssystemen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.



Figur 22. Uppvärmningsbehov av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

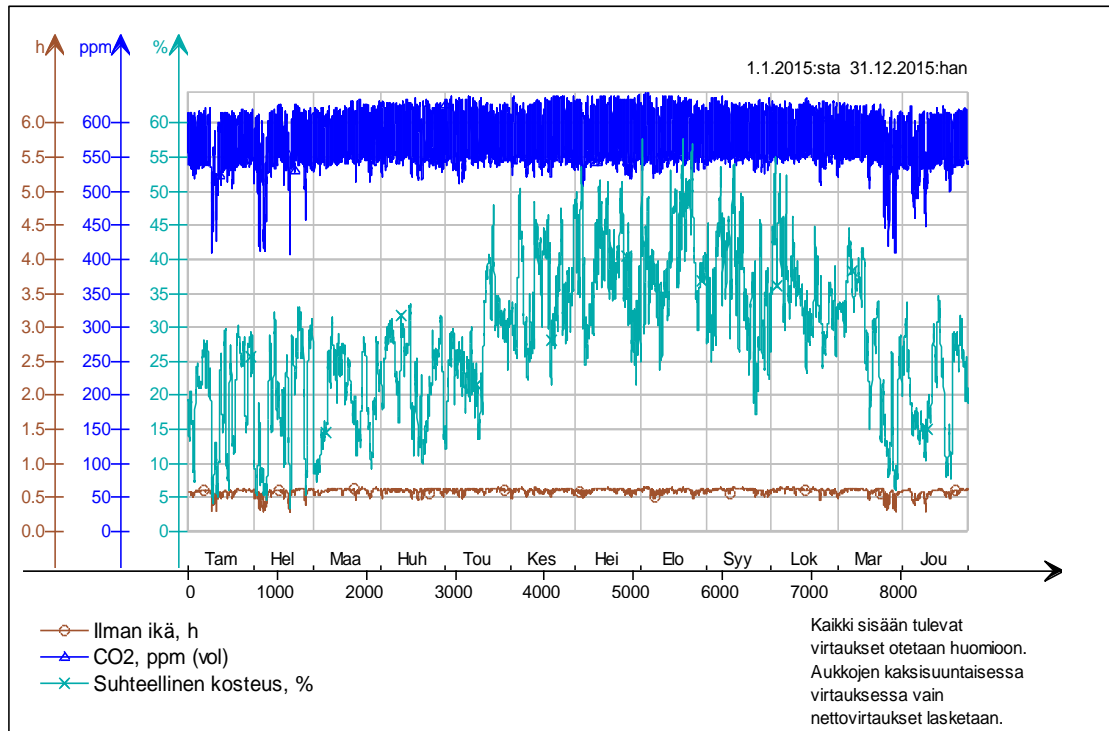


Figur 23. Värmeåtervinningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

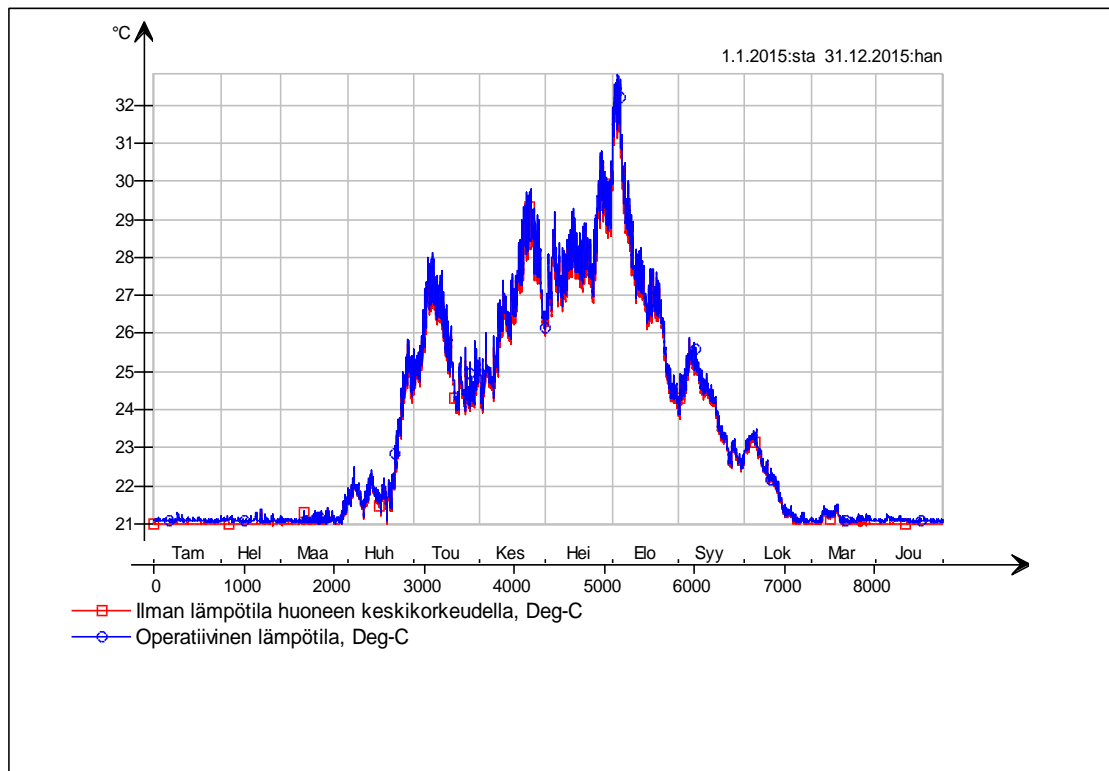


Figur 24. Energibehovet av fläktarna i ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation och värmeåtervinning.

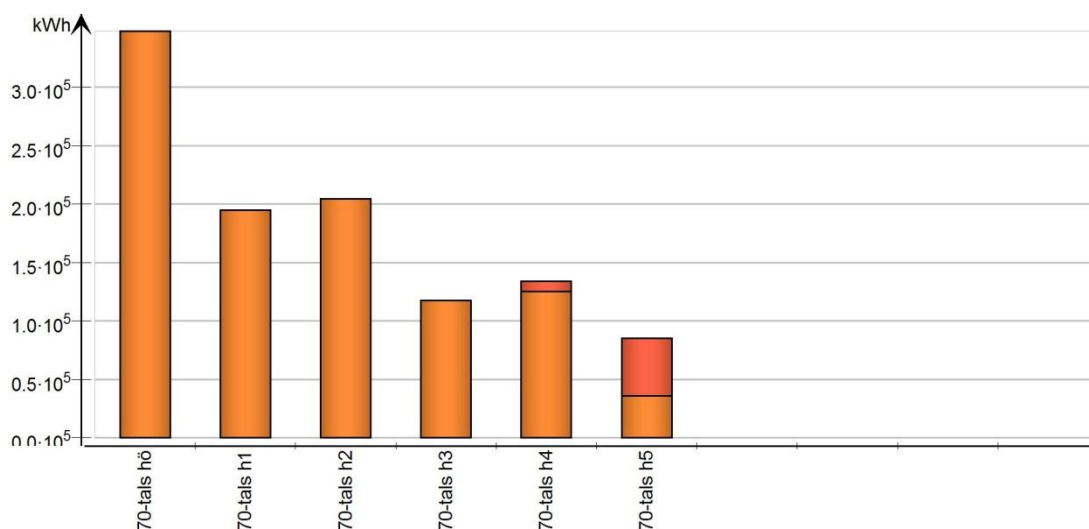
Luftkvalité och temperatur i ett sovrum på våning 4



Figur 25. Luftkvalitetsförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.



Figur 26. Temperaturförändring under ett år i ett sovrum på 4de våningen av ett tilläggsisolerat 1970-tals höghus med till-, och frånluftsventilation.



Figur 27. Uppvärmningsbehoven i samma graf. Från vänster till höger: Självdrag med original isolering, Självdrag med om isolering, Frånluft med original isolering, Frånluft med om isolering, Till-, frånluft med originalisolering, Till-, frånluft med om isolering.

12 DISKUSSION

12.1 Innemiljö

Från resultaten jag fick ut av mina simuleringar får man en tydlig bild om hur ventilationssystemet inverkar på luftkvaliteten i våra hem. Enligt *figur 4* blir luften i ett sovrum med självdragsventilation ofta över 2 timmar gammal och koldioxidhalten stiger ofta över 1100 ppm. Detta är dåligt med tanke på att övre gränsen för koldioxid i allmänhet är 1200ppm och luften kan kännas unken då halten stigit över 800ppm. En hög koldioxidhalt indikerar på att halten av andra, mer skadliga föroreningar som kolmonoxid och kvävedioxid och i vissa fall radon också är hög. Dessutom filtreras tilluften inte ordentligt vid självdragsventilation och innehåller därmed också mer gatudamm, pollen och andra utomhus föroreningar än rum med filtrerad luft. Dessa föroreningar bidrar till att vi känner oss trötta, lider av allergier och sjuka hus syndromen. Rumstemperaturen är under så gott som hela sommaren över 30 grader då övre gränsen för värme i bostadshus är 25 grader. (Bertilsson 2008 s.370-373, Harju&Matilainen 2007 s.63, Ekberg 2008 s.274-277, D2 Finlands byggbestämmelsesamling Byggnaders inomhusklimat och ventilation 2.3-Luftkvalitet, 2.2 temperaturförhållanden)

I samma rum med till-, och frånluft enligt figur 25 ser man en betydlig förbättring på inneklimatet. Koldioxidhalten håller sig vid 600ppm vilket indikerar på att andra föroreningar ventileras ut medan rumsluften håller sig vid 0,5 timmes ålder. Tilluften kan dessutom effektivt filtreras vilket hindrar utomhus föroreningar från att ta sig till ineluften. Tilluftsdonen kan här placeras på taket och med en god planering hindrar man drag från att uppstå. Dessutom kommer inte gatuljuden här in igenom tilluftshålen som är obligatoriska i både självdragsventilation och frånluftsventilation. I Figur 26 ser vi också att rumstemperaturen hålls ungefär 4 grader svalare under sommarens heta perioder. (Bertilsson 2008 s.370-373, Harju&Matilainen 2007 s.63,66, Ekberg 2008 s.274-277, D2 Finlands byggbestämmelsesamling Byggnaders inomhusklimat och ventilation 2.3-Luftkvalitet)

12.2 Energi

Enligt resultaten jag fick ut av mina simuleringar minskas energiåtgången mycket märkbart med hjälp av värmeåtervinningen. I samma tilläggsisolerade höghus har den årliga energiförbrukningen enligt Figurerna 13 och 22 för uppvärmning minskats från 117403 kwh till 49069kwh då man bytt ut frånluftsventilationen vilket betyder en minskning på 68334 kwh/år. Detta stämmer bra överens Nilssons text om värmeväxlare i boken luft. (Nilsson 2008 s.390)

I versionen utan tilläggsisolering ser vi att desto större uppvärmningsbehovet är i en byggnad desto mer lönsam är en värmeåtervinnare. I detta fall blev inbesparingen upp till 151548 kwh/år enligt Figurerna 9 och 17 då den totala energiförbrukningen för byggnaden med frånluft är 204305 och för byggnaden installerad med till-, och frånluft med värmeåtervinning är 52757 kwh.

I den isolerade byggnaden med värmeåtervinning kan vi dessutom se att inga zonvärmare behövs under någon tid av året vilket stämmer överens med vad Harju&Matilainen skriver i boken Korjausrakentaminen. Värmeåtervinnaren gör det mesta uppvärmningsarbetet medan värmebatteriet i ventilationssystemet höjer luften till det önskade värdet. Detta kan ge mer utrymme i rumen och betyder dessutom att vattenrördragningar till värmebatterierna mellan våningarna minskar. (Harju&Matilainen 2007 s.68)

12.3 Kostnader

Efter att ha planerat till- och frånluftsventilationen med värmeåtervinning till det tilläggsisolerade bostadshöghuset skickade jag iväg planerna till projektchefen på ARE oy som räknade ut tilläggskostnaderna för hela ventilationsbytet om det gjordes i samband med en linjesanering och kostnader för byta av dörrar och fönster samt tilläggsisolering.

Ventilationsaggregatet utan kylbatteri	15.000€
3st tilluft, + 3st frånluftsdon per lägenhet	10.500€
Ventilationskanaler med tillbehör	109.500€
Värmeväxlare, pump, isolerade rören till maskinen, automatiken	20.000€
Varav installationsarbete	32.000€
Fönsterbyte	700€/fönster
Dörrbyte till balkongerna	800€/fönster
Tilläggsisolering	250€/m2 bostadsyta

Prisen har moms 0% och innehåller inte potentiell anslutningskostnad till fjärrvärmenätet

Tilläggspriset kan altså summas till 187.000€ + moms för ett fem vånings bostadshöghus med 30 bostäder med vilket man minskar det årliga energibehovet med ca. 68.000kwh då byggnaden är tilläggsisolerad. Detta betyder ett pris på 2.75€ per minskad kwh där ett mycket bättre inneklimat kommer på köpet.

Detta kan jämföras med fasadrenoveringen där fönster och balkongsdörrar byts ut för att få ett U-värde på 1 W/(m2*K) medan väggarna isoleras till ett u-värde på 0.17 W/(m2*K). Eftersom varje lägenhet har en balkong och 2 fönster och byggnadens totala bostadsyta är 1631m2 blir den totala fasadrenoveringen:

$$700€ \cdot 60 + 800€ \cdot 30 + 250€ \cdot 1631 = 473750€$$

Vilket enligt figurerna 9 och 13 visar en årlig minskning på 87.000kwh. Detta betyder ett pris på 5.45€ per minskad kwh.

13 KÄLLOR

Harju, Pentti & Matilainen, Veijo. 2007, *LVI-tekniikka –Korjausrakentaminen*, Vanda: Opetushallitus Suomen LVI-liitto. 150s.

Nilsson; Conny, Bakke; Dr Jan Vilhelm, Seppänen; prof. Olli, Abel, Prof. Emeritus Enno, Ekberg; Lars, Aleklett; Prof. Kjell, Nilsson; Per-Erik, Hedberg; Martin, Wingårdh; Gert, Waern; Rasmus, Andersson; Johnny, Arvidsson; hans, Bylund; Prof. Lars, Svensson; Prof. Anders, Hanssen; Prof. Sten Olaf, Bertilsson; Thore, Jagemar; Lennart, Berg; Gunnar, Berglund; Mats, Svensson; Gunnar, Spetz; Nils, Ebeklint; Henrik & Sikander; Eva. 2008, *LUFT Swegon Air Academy*, Kvänum: Swegon Air Academy. 624s.

2010. *Tekninen käsikirja –Ilmankäsittelykoneet 2010*, Åbo: Fläkt Woods. 172s.

Vapaavuori, Jan. 2011, *D2 –Finlands byggbestämmelsesamling –Byggnaders inomhus-klimat och ventilation*, Helsingfors: Miljöministeriet, Avdelningen för den byggda miljön.

Vapaavuori, Jan. 2011, *D3 –Finlands byggbestämmelsesamling –Byggnaders energiprestanda*, Helsingfors: Miljöministeriet, Avdelningen för den byggda miljön.

2009. *Asuinkerrostalojen linjasaneeraus - hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa Osa 1: Perusteet ja ohjeet*, Saarijärvi: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 160s.

Motiva, 2014. Energiankäyttö suomessa> Energian loppukäyttö. Tillgänglig: http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto. Hämtad 2.1.2015

Finlex, 2013. Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (e-luvun) määrittäminen, Liite 1. Tillgänglig: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>. Hämtad 22.3.2015

Miljöministeriet, 2013. *Energiatodistuksen laadintaesimerkki 1970 rakennettu kerrostalo*, Helsingfors: Miljöministeriet.

RIL 66, Asuinrakennusten lämmöneristysnormit 1969, Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Saarnio, P. Erkiö, P. Tietoja teollisuus-, liike- ja julkisten rakennusten kannasta vuonna 1974. VTT, Rakentamistalouden laboratorio, tiedonanto 40, Espoo 1976.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 1975, Sisäasiainministeriö (RT SM-20108).

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 1978, Sisäasiainministeriö.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 1985, Sisäasiainministeriö.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 1985, Sisäasiainministeriö.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 2003, Miljöministeriet.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar 2007, Miljöministeriet.

Finlands byggbestämmelsesamling, del C3 – Byggnaders värmeisolering, anvisningar
2010, Miljöministeriet.

Finlands byggbestämmelsesamling, del D3 – Byggnaders energiprestanda, anvisningar
2012, Miljöministeri

